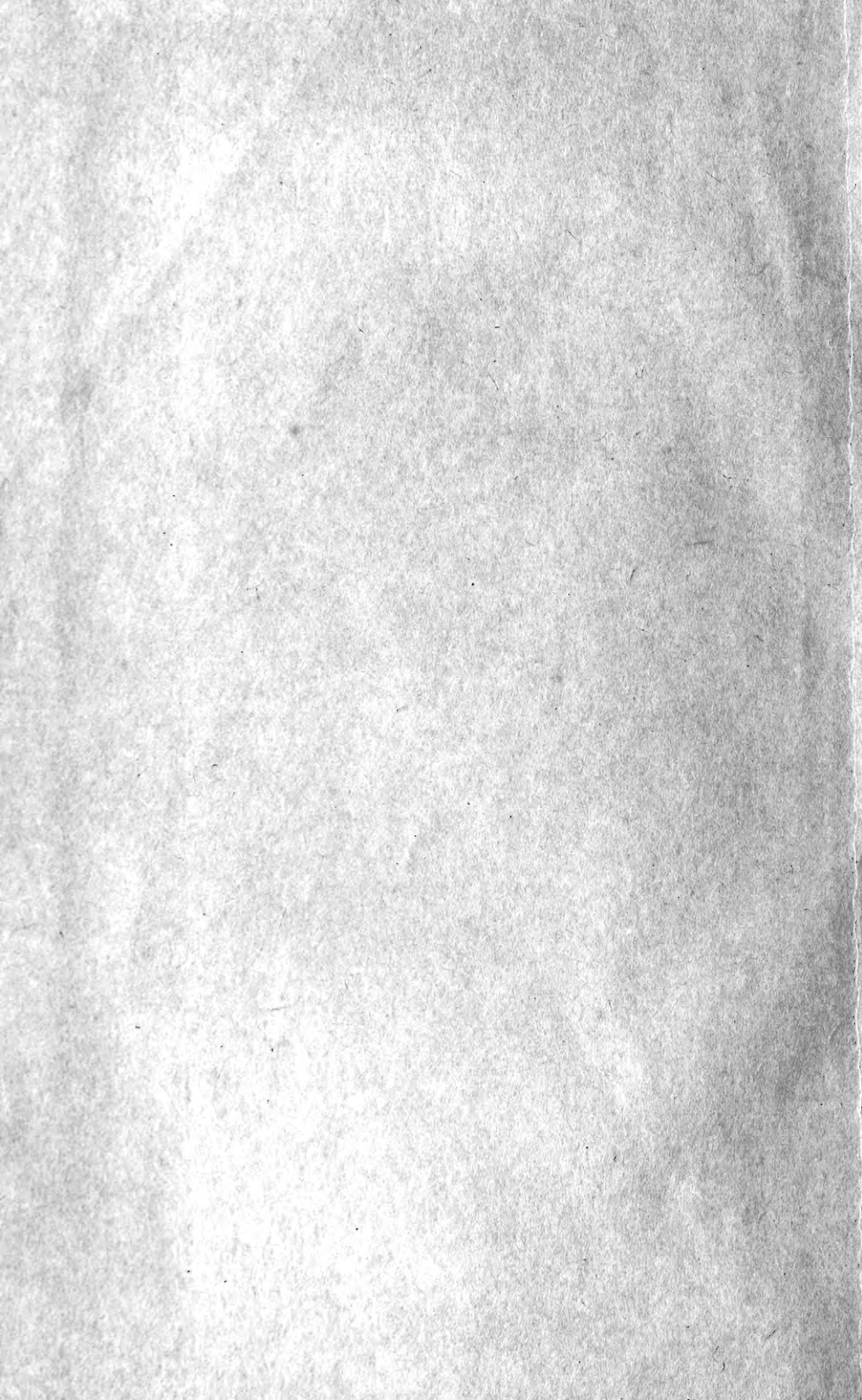




MBL/WHOI



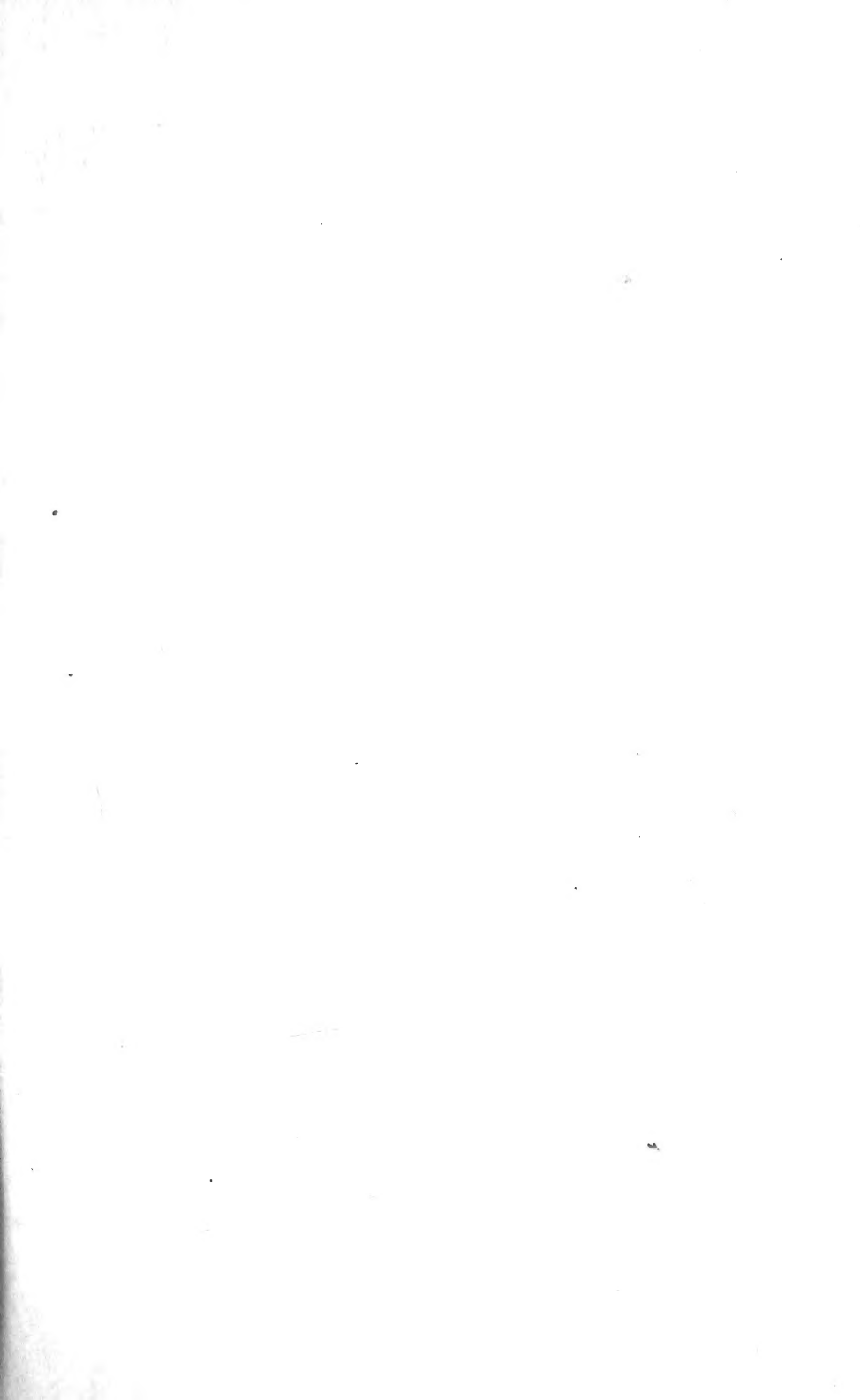
0 0301 0015174 2















# VERGLEICHEND-PHYSIOLOGISCHE STUDIEN.

---

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

VON

Dr. C. FR. W. KRUKENBERG.

---

ZWEITE REIHE.

FÜNFTE ABTHEILUNG.

I. HÄLFTE.

MIT ZWEI LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

---

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1888.

108  
94

Diese Studien erscheinen in zwanglosen einzeln käuflichen Abtheilungen, deren fünf eine Reihe bilden.

Erschienen sind bereits:

**I. Reihe. I. Abtheilung.** Mit vier Holzschnitten und zwei Tafeln. *M* 6. — Inhalt: Der Mechanismus des Chromatophorenspiels. — Ueber den Verdauungsmodus der Actinien. — Weitere Studien über die Verdauungsvorgänge bei Wirbellosen. — Vergleichend-toxicologische Untersuchungen als experimentelle Grundlage für eine Nerven- und Muskelpathologie der Evertrebraten. — Die Curarewirkung an den Raupen von *Sphinx Euphorbiae*. — Bedenken gegen einige aus neueren Untersuchungen über den Gaswechsel bei Fischen und bei Wirbellosen gezogene Schlußfolgerungen.

**II. Abtheilung.** Mit zwei lithographischen Tafeln. *M* 4. — Ueber Unterschiede der chemischen Bestandtheile von Organen ähnlicher Function bei Vertretern verschiedener Thierclassen. — Entwickeln die Spongien Ozon? — Ueber Reservestoffe. — Ueber thierische Farbstoffe und deren physiologische Bedeutung. — Ueber die Vertheilung des Wassers der organischen und anorganischen Verbindungen im Körper wirbelloser Thiere.

**III. Abtheilung.** Mit zehn Holzschnitten und einer Tafel. *M* 6. — Der Schlag der Schwingplättchen bei *Beroë ovatus*. — Ueber die Mechanik des Farbenwechsels bei *Chamaeleon vulgaris*, *Cuv.* — Vergleichend-physiologische Beiträge zur Kenntniß der Respirationsvorgänge bei wirbellosen Thieren. — Ueber die Curare- und Strychninwirkung an *Turris digitalis*, *Aequorea Forskalea* und *Carmarina hastata*. — Bemerkungen zu der *Eimer*-schen Ansicht über den Ortswechsel der Rippenquallen. — Der Herzschlag bei den Salpen. — Die pendelartigen Bewegungen des Fußes von *Carinaria mediterranea*. — Ueber das Verhältniß der Leberpigmente zu den Blutfarbstoffen bei den Wirbellosen.

**IV. Abtheilung.** Mit vier lithographischen Tafeln. *M* 5. — Beiträge zur Anatomie und Physiologie von *Luvarus imperialis Raf.* — Einleitung. — I. Zur Anatomie und Histologie. Von Graf *Béla Haller*. — II. Das Auge. Von Dr. *E. Berger*. — III. Physiologisch-chemische Untersuchungen. Von *C. Fr. W. Krukenberg*.

**V. Abtheilung.** Mit einem Holzschnitt und drei Tafeln. *M* 4. — Zur Kenntniß der organischen Bestandtheile der thierischen Gerüstsubstanzen. Erste Mittheilung. — Das Antheagrün. — Ueber einen blauen Farbstoff, welcher sich auf feucht gehaltenem Fibrin bildete. — Weitere Beiträge zum Verständniß und zur Geschichte der Blutfarbstoffe bei den wirbellosen Thieren. — Nachträge zu meinen vergleichend-physiologischen Untersuchungen über die Verdauungsvorgänge. — Die Farbstoffe der Federn. Erste Mittheilung.

**II. Reihe. I. Abtheilung.** Mit vier Holzschnitten. *M* 6. — Inhalt: Der physiologische Vergleich. — Zur Kenntniß der organischen Bestandtheile der thierischen Gerüstsubstanzen. Zweite Mittheilung. — Beiträge einer Nervenphysiologie der Echinodermen. — Zur vergleichenden Physiologie der Lymphe, der Hydro- und Hämolymphe. — Zur Kritik der

Fortsetzung Seite 3 des Umschlags.

Schriften über eine sog. intracelluläre Verdauung bei Cœlenteraten. — Weitere Untersuchungen zur vergleichenden Muskelchemie. — Totaler Albinismus bei *Cucumaria Planci*. — Die Farbstoffe der Federn. Zweite Mittheilung. — Ueber den Einfluß der Kohlensäure auf die Muskeln der Actinien und Medusen. — Kleinere Mittheilungen.

**II. Abtheilung.** Mit drei Holzschnitten und drei Tafeln. M 5. — Die Farbstoffe der Federn. Dritte Mittheilung. — Die Hautfarbstoffe der Amphibien. Erste Mittheilung. — Die Farbstoffe in der Reptilienhaut. Erste Mittheilung. — Die Pigmente der Fischhaut. Erste Mittheilung. — Rechtfertigung meiner Einwände gegen *Bizio's* vermeintliche Glykogennachweise bei wirbellosen Thieren. — Ueber das Helicorubin und die Leberpigmente von *Helix pomatia*. — Ueber das Bonellein und seine Derivate. — Untersuchungen der Fleischextracte von Schlangen und Crocodilen. — Kleinere Mittheilungen.

**III. Abtheilung.** Mit einem Holzschnitt und neun lithogr. Tafeln. M 7. — Die Pigmente, ihre Eigenschaften, ihre Genese und ihre Metamorphosen bei den wirbellosen Thieren. — Bemerkungen zu einigen neuen Aufsätzen vergleichend-physiologischen Inhalts. — Die Farbstoffe der Federn. — Die Pigmente der Fischhaut. — Erklärung der Spectralzeichnungen.

**IV. Abtheilung.** Die Beeinflussung des Salzgehaltes der lebenden Gewebelemente durch den Salzgehalt der Umgebung. Erste Abhandlung. — Die nervösen Leitungsbahnen in dem Polypar der Alcyoniden. — Neue Thatsachen für eine vergleichende Physiologie der Phosphoreszenzerscheinungen bei Thieren und bei Pflanzen. — Fortgesetzte Untersuchungen zur vergleichenden Muskelphysiologie. — Die Farben der lebenden Korallen des Rothen Meeres.

---

Vom gleichen Verfasser sind erschienen:

## Vergleichend-physiologische Vorträge.

I. Band. gr. 8<sup>o</sup>, brosch. 12. M.

Inhalt: I. *Die Bedeutung der vergleichenden Methode für die Biologie* (1 M. 20 Pf.). II. *Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der Verdauung* (1 M. 60 Pf.). III. *Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der Farbstoffe und der Farben* (3 M. 20 Pf.). IV. *Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der thierischen Gerüstsubstanzen* (2 M. 80 Pf.). V. *Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der contractilen Gewebe* (3 M. 20 Pf.). VI. *Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der nervösen Apparate* (3 M.).

Der II. Band wird enthalten: Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der Wärme, elektrischen Erscheinungen, Photogenese, Secretionen, Circulations- und Respirationsvorgänge, Statik und Mechanik.

Jedes Heft ist einzeln käuflich.

In *Carl Winter's Universitätsbuchhandlung* in *Heidelberg* sind vom gleichen Verfasser ferner erschienen:

Die  
**eigenartigen Methoden der chemischen Physiologie**  
als

Entgegnung auf die Festreden der Hrn. *Leube* und *Hoppe-Seyler*.

Vortrag.

Mit 2 colorirten Tafeln. gr. 8°. brosch. 1 M. 60 Pf.

Wir erlauben uns, auf diesen interessanten Vortrag besonders aufmerksam zu machen.

**Grundriß**  
der  
**medizinisch-chemischen Analyse**

unter Zugrundlegung der im  
chemisch-physiologischen Laboratorium der königl. Universität  
Würzburg gehaltenen medicinisch-chemischen Curse.

Mit 29 Holzschnitten und 1 lithographirten Tafel. Lex. 8°.

In Lwd. geb. 5 M.

Dieser compendiöse Grundriß der medicinischen Chemie und der chemischen Physiologie von der Hand des dazu besonders berufenen Verf. wird allen Medicinern ein willkommenes Hilfsmittel sein.

In *Carl Winter's Universitätsbuchhandlung* in *Heidelberg* sind ferner erschienen:

**Untersuchungen**  
aus dem  
**physiologischen Institute der Universität Heidelberg.**

Herausgegeben von

**Dr. W. Kühne,**

o. ö. Professor der Physiologie und Director des physiologischen Instituts.

Band I. Heft 1. Mit 1 Tafel. gr. 8°. brosch. 3 M. 60 Pf. — Heft 2.

Mit 4 Holzschnitten. gr. 8°. brosch. 4 M. — Heft 3. gr. 8°. brosch.

3 M. 60 Pf. — Heft 4. Mit 6 Tafeln. gr. 8°. brosch. 8 M. 80 Pf.

Band II. Heft 1. Mit 3 Tafeln. gr. 8°. brosch. 7 M. — Heft 2. gr. 8°.

brosch. 6 M. — Heft 3. gr. 8°. brosch. 3 M. 60 Pf. — Heft 4. Mit

2 Holzschnitten und 5 Tafeln. gr. 8°. brosch. 7 M. 40 Pf.

Band III. Heft 1/2. Mit 7 Holzschnitten. gr. 8°. brosch. 8 M. 80 Pf. —

Heft 3/4. Mit 5 Holzschnitten und 1 Tafel. gr. 8°. brosch. 8 M. 20 Pf.

Band IV. Heft 1/2. Mit 13 Holzschnitten und 4 Tafeln. gr. 8°. brosch.

9 M. — Heft 3. Mit 1 Tafel. gr. 8°. brosch. 6 M.

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.



III.

GRUNDZÜGE

EINER

VERGLEICHENDEN PHYSIOLOGIE

DER

FARBSTOFFE UND DER FARBEN.



CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG IN HEIDELBERG.

Alle Rechte vorbehalten.

## Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der Farbstoffe und der Farben.

---

Die Physiologie der thierischen und pflanzlichen Farbstoffe hat in der jüngsten Zeit insofern eine gewisse Abrundung erfahren, als es gelungen ist, sowohl die Zahl der einzelnen Farbstoffgruppen dadurch zu vermindern, daß man einen Zusammenhang zwischen mehreren derselben erkannte, als auch die Identität resp. die Zusammengehörigkeit von Pigmenten bei weit von einander abstehenden Formen nachzuweisen.

Vor vier Jahren stieß ich bei meinen Spongienuntersuchungen auf einen rothen Farbstoff, welcher sich mit dem von *Wurm* aus den sog. Rosen der Auerhähne extrahirten und von ihm Tetronerythrin genannten Pigmente in seinen chemischen und physikalischen Eigenschaften als identisch erwies<sup>1)</sup>. Diesem Befunde, der seiner Zeit sehr überraschen mußte, wurde jedoch bald seine Absonderlichkeit genommen, indem ich weiterhin zeigte, daß das sog. Tetronerythrin einer Classe von Farbstoffen angehört, welche bei den verschiedenartigsten Thier- wie Pflanzenpecies ihre Vertreter findet. Das Tetronerythrin (*Zoonerythrin Bogdanow's*) war, wie mehrere gleichfalls schon länger bekannte Pigmente (Carotin, Saffranfarbstoffe, Lutein etc.), hiermit als Glied einer weit verbreiteten Farbstoffclasse erkannt, welche man jetzt als Lipochrome (Fettfarbstoffe) bezeichnet, und man darf behaupten, daß gerade das Studium

der Lipochrome, die Abgrenzung dieser Farbstoffgruppe und die Kenntniß ihrer Verbreitung uns über viele vermeintliche Complicationen bei der Pigmentirung der Thiere wie der Pflanzen hinweggeholfen hat. Die Lipochrome sind die Wegweiser geworden, mittelst deren es möglich war, sich in dem zuvor wilden Chaos der thierischen wie pflanzlichen Pigmentirungen zurechtzufinden, das Gleichartige auszulesen und von dem äußerlich Aehnlichen, aber feiner chemischen Beschaffenheit nach ganz Differenten zu unterscheiden. Die Lipochrome müssen deshalb bei einer vergleichenden Chromatologie der lebenden Wesen vor allem in's Auge gefaßt werden, und es bedarf keiner weiteren Rechtfertigung, wenn wir unsere Betrachtungen mit denselben beginnen lassen<sup>2)</sup>.

Die Lipochrome.

Durch ihre Löslichkeitsverhältnisse, ihre Unzerstörbarkeit bei der Verseifung mit siedender Natronlauge in wässriger wie alkoholischer Lösung, durch die Blaufärbung, welche sie im trockenen Zustande durch conc. Schwefelsäure oder starke Salpetersäure erfahren, durch ihre Lichtempfindlichkeit, durch die Gleichartigkeit ihrer Bleichproducte (Cholestearin oder cholestearinartige Körper), durch ihre chemische Zusammensetzung (nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehend), und endlich durch ihre Färbungen (grüngelb, gelb, orange, roth) sind die Lipochrome im Allgemeinen charakterisirt. Eine scharfe Abgrenzung derselben ist zwar unmöglich, weil sie einerseits in die spectrokopisch schlecht gekennzeichneten und in den lipochromatischen Lösungsmitteln schwer oder fast unlöslichen Lipochromoide resp. Melanoide übergehen und weil andererseits Kühne<sup>3)</sup> nachgewiesen hat, daß ein echtes Lipochrom, das Rhodophan nämlich, nach besserer Reinigung keine Blaufärbung durch salpetrige Säure mehr annimmt. Fernerhin verdient bei einer allgemeinen Charakteristik der Lipochrome die Thatfache nicht außer Acht gelassen zu werden, daß sich ein Theil derselben auch beim Benetzen mit Jod-Jodkaliumlösung blaugrün färbt, ein anderer Theil dagegen nicht oder nur mangelhaft<sup>4)</sup>,



und daß das spectrokopische Verhalten der einzelnen Lipochrome in manchen Fällen erheblich von einander abweicht, indem die Lösungen der Xanthophane und Rhodophane durch ein, die der Chlorophane durch zwei oder drei Absorptionsbänder ausgezeichnet sind. Die Absorptionsbänder ein und desselben Lipochromes lagern im Spectrum verschieden, je nach dem angewandten Lösungsmittel. In alkoholischer oder ätherischer Lösung liegen sie am meisten dem violetten Ende des Spectrums genähert, in Schwefelkohlenstoff sind sie am meisten nach dem Roth zu verschoben und in Chloroform oder fetten Oelen gelöst, hält die Lage der Streifen zwischen beiden Extremen die Mitte ein. Aus *Kundt's* Untersuchungen<sup>5)</sup> über die Verschiebung, welche die Mitte des dem rothen Ende des Spectrums zunächst liegenden Absorptionstreifens vom Chlorophyll und welche der Absorptionstreifen des Cyanins bei Anwendung verschiedener Lösungsmittel erfährt, wird zu folgern sein, daß die entsprechende Lageveränderung der Lipochrombänder nicht, wie *Kraus* für das Chlorophyll annahm<sup>6)</sup>, mit dem specifischen Gewichte des Lösungsmittels durchgängig im Einklang steht, sondern durch die brechende Kraft des Lösungsmittels derart veranlaßt wird, daß, je größer die Dispersion desselben für den blauen Theil des Spectrums ist, um so weiter die Absorptionstreifen nach der brechbareren Seite des Spectrums fortschreiten.

Die Tinctionskraft der Lipochrome ist eine außerordentlich intensive, die Umsetzung in cholestearinartige Stoffe<sup>7)</sup>, welche sie unter Sauerstoffaufnahme am Lichte (aber auch, wenn schon weit langsamer, im Dunkeln) erfahren, eine verhältnißmäßig rapide, so daß selbst aus äußerlich stark gefärbten Geweben davon meist nur sehr schwierig größere Quantitäten rein zu erhalten sind. Deshalb blieb man zur Feststellung der chemischen Zusammensetzung der Lipochrome bislang allein auf das Carotin angewiesen, welches als der am besten bekannte Repräsentant dieser Farbstoffklasse zu gelten hat.

Das Carotin ( $C_{18}H_{24}O$ ) ist der Farbstoff der cultivirten Mohrrübe (*Daucus Carota L.*). Seine braunrothen Bandkrystalle von rhombischer Wetzsteinform schmelzen bei  $168^{\circ} C.$ , und es zeigt unmittelbare Beziehung zum Hydrocarotin ( $C_{18}H_{30}O$ ), welches sich neben ihm in der Mohrrübe findet und dem Cholestearin nahe steht.

Solange wie die chemische Zusammensetzung allein vom Carotin bekannt ist, sicher krySTALLISIRT außerdem nur noch das Lutein, Eläochrin, Lecitochrin und das Chlorophyllgelb gewonnen wurden<sup>8)</sup>, sind es vorwiegend optische Differenzen, welche zu Unterscheidungen in der Lipochromreihe nöthigen. «Diese Unterscheidung ist aber eine zwingende, denn man hat jetzt im Carotin, Lutein und Eläochrin rein und krySTALLINISCH zu gewinnende Körper, welche in diesem Zustande schon ohne Weiteres verschieden erscheinen durch die Farbe, vollends bei genauerer Untersuchung der KrySTALLE unter Beachtung des Dichroismus und der Aborption. Wie die Spectren der Fettpigmente vom Carotin bis zum Chlorophan in gleichen Lösungsmitteln eine merkwürdige Reihe zur brechbareren Seite fortschreitender Aborptionsstreifen darbieten, deren Verschiebung vielleicht in derselben Weise durch die chemische Zusammensetzung der einzelnen Glieder bedingt wird, wie dies für die Linienspectren der Didymverbindungen nach *Bunsen's* bekannten Arbeiten<sup>9)</sup> gilt, so bilden die am reinsten dargestellten Pigmente auch eine Reihe bezüglich der direct wahrnehmbaren, dem Gelb zugehenden Farbe und eine Reihe in Hinsicht auf die Verwischung des Dichroismus.»<sup>10)</sup>

Was die Herkunft der Lipochrome anbelangt, so ist es wahrscheinlich, daß dieselben in den meisten Fällen aus fettartigen Substanzen hervorgehen, denn häufig, wenn auch wohl nicht ausnahmslos, sind sie in ihrem Vorkommen an Fett gebunden und lassen sich auch leicht in cholestearinartige Körper überführen. So wird ebenfalls ihr Vorkommen in den grünen Gewächsen zu erklären sein, welches bekanntlich ein so constantes ist, daß bis zu den verdienstvollen Arbeiten von *Hansen* trotz der unzählbaren

Abhandlungen über diesen Gegenstand der grüne und der gelbe Chlorophyllfarbstoff als eine einheitliche Substanz angesehen werden konnte. Aber zweifellos entstehen die Lipochrome auch noch auf andere Weise, aus Lipochromogenen oder aus Pigmenten, welche keine directe Verwandtschaft zu den Lipochromen erkennen lassen; so aus dem CyanokrySTALLIN<sup>11)</sup>, dem krySTALLisirten blauen, unter dem Panzer bei vielen Crustaceen abgelagerten Farbstoffe, der sich durch die geringfügigsten Eingriffe in ein Lipochrom umsetzt.

Die Verbreitungsweise der Lipochrome ist von großem Interesse. Sämmtliche bislang untersuchten gelben Blütenblätter, gelbe und rothe lymphatische Flüssigkeiten und zahlreiche Secrete bei Wirbelthieren wie Wirbellosen, die bunten Oelkugeln in den Zapfen der Wirbelthierretina, die Corpora lutea, die Eierdotter der verschiedensten Thierpecies, die gelben, grünen, orangenen oder rothen Hauttheile der Arthropoden und Vertebraten (von den Fischen bis zu den Vögeln) verdanken ihre Färbungen mit äußerst geringen Ausnahmen gelösten, körnig oder diffus abgelagerten Lipochromen; dagegen betheiligen sich die Lipochrome nie in ersichtlichem Maße an den Färbungen der Epithelialgebilde bei den Säugethieren, an den Färbungen der Vogeleierschalen und scheinen auch vielen protoplasmatischen resp. unicellulären Wesen zu fehlen. Auffallend sind die constanten Unterschiede, welche verschiedene Species in der Intensität der lipochromatischen Färbung gewisser Gewebe, besonders des Fettgewebes<sup>12)</sup>, aufweisen, und sehr überraschend ist die Thatfache, daß Lipochrome bei Schlangen nur spurenweise auftreten, während die verschiedenartigsten Organe der Vögel, Amphibien, Fische und auch vieler Reptilien mit lipochromreichen Lösungen getränkt sind. Einer eingehenderen Untersuchung würde es sich gewiß weiterhin lohnen, welche von den zahlreichen, mit eigenen Namen belegten gelben, orangenen, rothen und braunen Farbstoffen pflanzlicher Gebilde (z. B. Bixin, Polychroit, Safflorgelb, Carthamin, Luteolin, Draconin) den Lipochromen zugerechnet

werden müssen und welche nicht; besonders wünschenswerth dürfte es aber sein, in Erfahrung zu bringen, ob scharfe chemische Unterschiede zwischen den spectrokopisch so unterschiedlichen Chlorophanen, Xanthophanen und Rhodophanen bestehen, ob sich vielleicht nicht die eine von der anderen Gruppe als Homologes oder als Anhydridverbindung ableiten läßt.

Lipochromo-  
moide und  
Melanoide.  
Melanine.

Die Lipochromoide und Melanoide, welche, wie ich zeigte<sup>13)</sup>, vorzugsweise die Stämme von Gorgoniden, die Gehäuse von Mollusken gelb, roth, braun, violett oder schwärzlich färben, führen unmittelbar zu den dunkelen Pigmenten, welche seit lange als Melanine<sup>14)</sup> zusammengefaßt werden. Es steht außer Frage, daß unter diesem Gesamtbegriff sehr verschiedene, gegen Reagentien widerstandsfähige braune, in dickerer Schicht schwarz erscheinende Pigmente vereinigt wurden, von denen einige (z. B. die schwarzen Farbstoffe melanotischer Geschwülste, der schwarze, sedimentirende Körper pathologischer Harnes) ebenso sicher eines ganz andern Ursprungs als die Lipochromoide und Melanoide sind. Dafür jedoch, daß manche sog. Melanine trotz ihres Gehaltes an Eisen und an Stickstoff mit den Lipochromen in näherer genetischer Beziehung stehen als z. B. mit dem Hämoglobin, dürften die scharfe Abgrenzung einer melanotischen von einer lipochromatischen Färbung (z. B. in vielen Federn), sowie das bei vielen Thieren stets vergesellschaftete Vorkommen von Repräsentanten beider Farbstoffgruppen auf's Ueberzeugendste sprechen. Für die Entstehung vieler melanotischen Pigmente scheinen Licht und Sauerstoffmangel in einer zwar noch unaufgeklärten Weise unbedingtes Erforderniß zu sein<sup>15)</sup>; derartige Nebenumstände machen es denn auch verständlich, daß bei albinotischen Individuen die Melanose in den Epidermoidalgebilden ausbleiben kann, während sich die lipochromatischen Färbungen völlig normal entwickeln. Ich beschränke mich hier des Weiteren darauf, eine Zusammenstellung der genauesten Analysen derartiger melanotischer Farbstoffe zu geben und die Resultate



neuerer Untersuchungen mitzutheilen, welche am Fuscin, dem braunen Chorioidealpigmente des Wirbelthierauges, und an dem Sepiafarbstoffe gewonnen sind.

### Elementare Zusammenfetzung melanotischer Pigmente (in Procenten).

	Chorioidealpigment		Pigment aus melanot. Carcinomen		Schwarzer Federfarbstoff			Sepienfchwarz	
	Scherer.	Roscoe.	Dreßler	Heintz.	verschiedener Corvus-Arten	von Pica caudata	von Ciconia alba	P. Girod.	
					Hodgkinson u. Sorby.			I.	II.
C	58,28	54,00	51,73	53,44	55,4	49,5	55,5	53,6	53,9
H	5,92	5,30	5,07	4,02	4,28	4,8	4,8	4,04	4,02
N	13,77	10,10	13,24	7,10	8,5	7,6	8,5	8,8	8,6
O	(22,03)	(30,0)	(29,96)	(35,44)					
Alfche		0,6	(1,47)					0	0

Das Fuscin erwies sich bei verschiedenen Thieren als mehr oder weniger lichtempfindlich, in keinem Falle aber als (bei Sauerstoffanwesenheit) vollkommen lichtbeständig; concentrirte Säuren wie Alkalien bedürfen jedoch längerer Zeit oder des Erhitzens, um eine und selbst dann nur sehr unvollständige Zerfetzung oder Auflösung des Pigmentes zu bewirken. Nur nach längerer Einwirkung von verdünnter Salpetersäure wird das Fuscin in verdünnten Alkalien sehr leicht löslich.

Das Sepienfchwarz ist eine braunschwarze, amorphe Masse mit grünlich metallischem Reflex. Es ist vollkommen unlöslich in Wasser, Alkohol und Aether. Concentrirte Schwefelsäure wie Salpetersäure zersetzen es und färben sich dabei rothbraun; Salzsäure wirkt sehr schwach ein, Chlor bleicht den Farbstoff. Warme Kalilauge erzeugt eine tiefbraune Lösung, die durch Schwefelsäure wie Salzsäure gefällt wird; auch Ammoniak soll lösend wirken, nicht aber Alkalicarbonate.

Eine große Anzahl von dunkelvioletten, gelb- und rothbraunen Pigmenten, welche sich von den Lipochromoiden und Melanoiden

durch das Nichteintreten der Schwefelsäurereaction, von den Melaninen durch ihre Färbung unterscheiden, gleicht in der Resistenz gegen Lösungsmittel, gegen Säuren und Alkalien den Melaninen; über jene läßt sich zur Zeit aber noch weniger sagen als über diese. Ich erinnere deshalb nur kurz an jene humusartigen Substanzen, welche sich unter Sauerstoff- und Wasseraufnahme aus Chromogenen in absterbenden Pflanzentheilen (z. B. in den sich zur Herbstzeit bräunenden Blättern und Akazienfchoten) bilden, oder welche durch Wärme- wie durch Alkalieinwirkung aus den Uranidinen unter Sauerstoffaufnahme hervorgehen.

Die Uranidine.

Als Uranidine<sup>16)</sup> habe ich jene gelben Farbstoffe sehr verschiedenartigen Vorkommens (Aplysinofulvin in *Aplysina aërophoba* und *Aplysilla sulfurea*, die lymphatischen Farbstoffe von Ascidien und Insecten [*Hydrophilus*, *Dyticus*, *Oryctes*, *Melolontha*, Lepidopterpuppen etc.], Aethalioflavin in *Aethalium septicum*) zusammengefaßt, welche unter Mitwirkung von Fermenten (sei es, daß solche bei der Melanose zerstört, sei es, daß diese dabei überhaupt erst in Wirksamkeit treten) in bräunliche oder dunkelviolette, gegen lipochromatische Lösungsmittel und Alkalien, theilweise auch gegen Säuren widerstandsfähige Massen verwandelt werden. Dieser Art wird auch der grüne Farbstoff sein welchen Graf *B. Haller* in den Epithelzellen der Zuckerdrüse von Chitonen antraf, und dessen Veränderung in Violett er mit den Secretionsvorgänge der Drüsen als in Beziehung stehend nachwies<sup>17)</sup>. Die Tabelle auf S. 98 gewährt einen Einblick in die bei der Verfärbung der Uranidine verlaufenden, jedenfalls sehr complicirten Vorgänge.

Am längsten und am besten bekannt von allen thierischen Farbstoffen sind die Hämoglobine mit ihren Derivaten.

Die Hämoglobine mit ihren Abkömmlingen.

Die Hämoglobine zählen zu den Proteiden, d. h. Eiweißverbindungen, welche bei Spaltungsvorgängen neben anderen Stoffen Eiweißsubstanzen liefern; so zerfallen sie bei längerer Erwärmung

der wässrigen Lösung auf 70—80° C. in coagulirtes Eiweiß und in Hämatin.

Das Spectralverhalten der Hämoglobine und ihrer Abkömmlinge ist ein sehr bestimmtes und zum Nachweise derselben wohl geeignet. Dieses gilt jedoch nur, wenn man sich fraglichen Falls nicht nur mit der oberflächlichen spectroskopischen Prüfung eines einzigen Körpers dieser Reihe (z. B. des Oxyhämoglobins) begnügt, sondern die Untersuchung auch auf die Zeretzungsproducte desselben ausdehnt, die Intensität der einzelnen Absorptionsbänder und deren Lageverhältniß zu den *Fraunhofer'schen* Linien im Spectrum allemal genügend berücksichtigt; dieses ist schon deshalb nöthig, weil nicht nur die aus dem Indigearmin durch Kochen mit überschüssigem Alkali entstehende Purpurinschwefelsäure ein dem reducirten Hämoglobin ähnliches Spectralbild liefert, sondern auch thierische Farbstoffe (Turacin, Helicorubin, Carmin) dem Oxyhämoglobin spectroskopisch außerordentlich ähneln<sup>18)</sup>. Nach *Kundt's* Untersuchungen<sup>19)</sup> scheinen die selbst in kaum gefärbten Hämoglobinlösungen so schwarz wie Tintenstriche hervortretenden Spectralstreifen auf anormaler Dispersion zu beruhen und an das spectroskopische Verhalten des Hämoglobins Betrachtungen über Absorptionsverhältnisse und chemische Wirkungsweise zu knüpfen, dürfte deshalb heute nicht unfruchtbarer sein als bei dem Chlorophyllgrün.

Bei den Hämoglobinen liegen die Dinge gerade umgekehrt wie bei den Lipochromen: die optische Analyse läßt uns der chemischen und kryсталlographischen (vgl. beistehende Tabelle) gegenüber im Stiche und zeigt constante Absorptionen bei großen sonstigen Differenzen, was sich vermuthlich daraus erklärt, daß alle Hämoglobine als einziges gefärbtes Derivat das stets gleiche eisenhaltige Hämatin liefern, wonach sie sämmtlich als Verbindungen desselben Farbstoffes, und zwar des *Stokes'schen* reducirten Hämatins (= Hämochromogen *Hoppe-Seyler's*) aufzufassen wären<sup>20)</sup>. Nur die Färbungsintensität weicht zwischen Hämoglobinen verschiedener

Die Untercheidungsmerkmale der Hämoglobine.<sup>21)</sup>

	Kristallform	Elementare Zusammenetzung							Kristallwasser- gehalt	Kristallisations- fähigkeit	Löslichkeit in Wasser
		C	H	N	O	S	Fe	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			
Pferd . . . . .	rhombische Tafeln und Prismen . .	54,87	6,97	17,31	19,73	0,65	0,47	—	—	bedeu- tend	gering
Hund . . . . .	meist lange, vier- seitige Prismen .	53,85	7,32	16,17	21,84	0,39	0,43	—	3—4 %		
Schwein . . . . .		54,17	7,38	16,23	21,36	0,66	0,43	—	5,9 %		
Meerschweinchen . .	Tetraeder	54,12	7,36	16,78	20,68	0,58	0,48	—	6 %	sehr bedeu- tend	sehr gering
Ratte . . . . .	rhombisch? Sphäroide										
Eichhörnchen . . .	hexagonal (sechse- seitige Tafeln)	54,09	7,39	16,09	21,44	0,40	0,59	—	9,4 %	be- deutend	gering
Gans . . . . .	rhombische Tafeln	54,26	7,10	16,21	20,69	0,54	0,43	0,77	7 %		
Truthühner . . . .	regulär (Würfel, Fel- den mit Octaeder- flächen) . . . . .									gering	sehr groß.

Herkunft bisweilen, und in manchen Fällen alsdann selbst erheblich ab<sup>22)</sup>).

Wie die Tabelle auf S. 29—32 im ersten Hefte dieser Vorträge zeigt, wurde das Hämoglobin außer bei allen Wirbelthieren (mit alleiniger Ausnahme von *Amphioxus* [?] <sup>23)</sup>) und den Leptocephaliden) auch noch bei Würmern (Turbellarien [?], Nemertinen, Hirudineen, Chätopoden, Gephyreen), Arthropoden (Crustaceen, Insecten) und Mollusken (Lamellibranchiaten, Gastropoden) nachgewiesen. Den Echinodermen, Cölenteraten, Protisten scheint dasselbe ebenso wie den Pflanzen zu fehlen; es hat sich herausgestellt, daß alle diesbezüglichen positiven Angaben auf Irrthümern und schlechten Beobachtungen beruhen.

Auch leicht künstlich zu erhaltende Abkömmlinge des Hämoglobins wurden in thierischen Organismen angetroffen<sup>24)</sup>. So finden sich die aus dem Oxyhämoglobin durch Säuren oder stärkere Alkalien unter Eiweißabgabe hervorgehenden Hämatine in seltenen Fällen auch in alten Blutextravazaten bei Wirbelthieren vor, das eisenfreie Hämatin (Hämatoporphyrin), in welches das Hämoglobin durch conc. Schwefelsäure überzuführen ist, ist ein Secretionsproduct von Drüsen des Ovarialtractus bei Vögeln, deren Eierchalen es ein rothes, braunes, lederfarbenes, gelbes oder schwarzes Colorit verleiht; bei Hämoglobinurie soll im frischen menschlichen Harn nur Methämoglobin, ein moleculares Umwandlungsproduct des Oxyhämoglobins, auftreten<sup>25)</sup>, und *Maly's* Hydrobilirubin (Urobilin *Jaffé's*), welches durch Einwirkung von nascirendem Wasserstoff aus dem Hämoglobin erhalten wird, ist ein häufiger, vielleicht sogar ein constanter Bestandtheil des Harnes bei Säugethieren. Das Hydrobilirubin wurde nicht nur aus dem Hämoglobin, sondern auch aus dem Bilirubin (durch 2—3tägige Maceration mit Natriumamalgam bei Luftabschluß oder durch Zinn und Salzsäure) gewonnen, und es wurde dadurch wahrscheinlich gemacht, daß auch das Bilirubin und die übrigen Gallenfarbstoffe Abkömmlinge des Hämoglobins

globins find, für welche Annahme das Vorkommen der sog. Hämo-  
toïdinkryftalle, welche nichts anderes als Bilirubin find, in alten  
Blutergüssen jedenfalls noch überzeugender fpricht.

Die Gallenpigmente der Wirbelthiere werden durch eine Farben-  
reaction, durch die sog. *Gmelin'sche* Gallenfarbstoffprobe, welche  
an ihnen fowohl rohe Salpeterfäure wie alkoholifche Bromlösung  
hervorbringt, als Ganzes zusammengehalten. Bei diefer Reaction  
liefern fämmtliche Gallenfarbstoffe als Oxydationsproduct schließlich  
das Choletelin, mit dem das Hydrobilirubin, welches ein Reductions-  
product des Bilirubins darftellt, nicht zu verwechfeln ift. Die  
Angabe, daß auch Choletelin bei Behandlung mit Waffer und  
Natriumamalgam Hydrobilirubin liefere, ift nicht ohne Widerfpruch  
geblieben.

Entgegen vielen neueren, fchon durch ältere, weit genauere  
Verfuche als widerlegt zu betrachtenden Angaben mußte bis vor  
Kurzem angenommen werden, daß die durch das Eintreten der  
*Gmelin'schen* Gallenfarbstoffreaction gekennzeichneten Pigmente auf  
die Wirbelthiere im Vorkommen befchränkt find; die Leber und  
ihre Secrete hatten fich bei Wirbellofen verfchiedenfter Classen von  
derartigen Farbstoffen als vollkommen frei erwiefen<sup>26)</sup>. Bei den  
Wirbelthieren waren diefe Pigmente jedoch nicht nur in der Galle  
gefunden, fondern auch die Placenta des Hundes<sup>27)</sup>, die blauen  
und grünen Vogeleiernfchalen waren als biliverdinhaltig erkannt  
worden<sup>28)</sup>. Ich konnte indeß zeigen<sup>29)</sup>, daß auch Wirbellofe Bili-  
verdin bilden, daß fich diefes in großer Menge in den Gehäufen  
von Trochiden und Haliotiden findet, daß es nach Extraction  
der verkalkten Gebilde mit Salzäure, fowohl durch Salpeterfäure  
oder Bromwaffer, wie auch durch die fucceffive Aufeinanderfolge  
der Spectraleigenthümlichkeiten bei der *Gmelin'schen* Probe als  
folches leicht und ficher in der Lösung nachgewiefen werden kann.  
Fernerhin zeigte ich auch, daß ein dem Hämoglobin chemifch fehr  
fern ftehendes Pigment, das Turbobrunin, welches die dunkelrothen

Gebäue von Turbiden und Halioten tingirt, einfach in falzfaurer Lösung kurze Zeit gekocht, in Biliverdin übergeht<sup>29</sup>). Diese Befunde lehren, daß das Biliverdin und vermuthlich auch alle sonstigen Gallenpigmente der Wirbelthiere nicht nothwendig aus Hämoglobin zu entstehen brauchen, sondern auch aus andersartigen Substanzen hervorgehen können, während zugleich die Resultate einer anderen Reihe vergleichend physiologischer Untersuchungen lehren, daß sich das Hämoglobin bei vielen Thieren (z. B. bei Planorbis, Lumbricus, Aphrodite) niemals in veritabile Gallenfarbstoffe transformirt, sondern im Organismus andersartig zerfallen muß.

Das bei der Umsetzung des Hämoglobins in eisenfreie Farbstoffe (Hämatoporphyrin, Gallenfarbstoffe, Hydrobilirubin) austretende Eisen verläßt bei den Säugethieren in der Galle und der Milch den Organismus und ist in diesen Secreten durch Reagentien direct nachweisbar, während z. B. der Harn niemals Eisensalze in freiem Zustande enthält. Eine ähnliche Abspaltung von Eisen, wie sich solche normal im Körper vollzieht, erfährt auch das Hämoglobin in Blutextravasaten, welche in Folge dessen zu gelbbraunen eisenreichen Infiltrationen Veranlassung werden<sup>30</sup>). Bei den Vögeln sammelt sich das bei der Hämatoporphyrin- und Gallenfarbstoffbildung aus dem Hämoglobin abgepliffene Eisen oft reichlich in den Federn an; bei einem bosnischen Lämmergeier fand ich in den durch Eisenoxydhydrat dunkelbraun gefärbten Federn, welches diesen durch verdünnte kalte Salzsäure so gründlich entzogen werden konnte, daß die Federn nach der Salzsäureeinwirkung vollkommen weiß erschienen, nicht weniger als 4--5 % reinstes Eisenoxyd ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )<sup>31</sup>).

Durch die Eigenschaft, den Sauerstoff der Luft locker chemisch zu binden und denselben bei einer Sauerstoffverarmung der Umgebung an diese wieder abzutreten, ist das Hämoglobin für den Wirbelthierorganismus ein Respirationsstoff  $\alpha\alpha\tau\epsilon\epsilon\sigma\chi\gamma\gamma$ . Für eine

**Erläuternde Uebersicht der Eigenschaften der fermentativ veränderlichen Pigmente.**  
**a) Die Respirationsfarbstoffe mit Einfluß der Floridine.**

Floridine							Zur Erklärung des spontanen Farbenwechsels verlangtes Agens	
	Farbe des Oxydations- productes	Desoxydations- productes	Wirkung der Wärme des Lichtes	Wirkung von Säuren   Alkalien	Spectro- kopisches Ver- halten			
Hämoglobin	hellroth (arte- riell), Oxyhämoglobin	dunkelroth (venös), Red. Hämoglobin	zerfetzend (Hämatin)	0	zerfetzend (Hämatin)	für Reduc. u. Oxyhämoglo- bin vertheilten	reine Hämoglobin- wirkung	
Hämocyanin	blau	gelblich (Hä- mocyanogen)	zerfetzend	0	zerfetzend	0	wechselnde fer- mentative Neben- wirkungen	
Hämerithrin	roth	farblos (Häm- erithrogen)	zerfetzend	0	zerfetzend	0		
Bugulapurpur	violett-purpur	gelblich (Bugulagelb)	oxydirend u. die Des- oxydation ver- hindernd	bezeichnend bei der Desoxy- dation	spectroskopische Ver- änderung	Bugulagelb: O Bugulapurpur: 2 Abflorations- bünd. zwischen D u. E und zwischen b u. F	Reductions- ferment	
Das Floridin aus Kiemer purpurea	kirchroth	? gelbbraun	zerfetzend	0	fallend	fallend oder in Lösung verändernd	breiter Strifen zwischen D u. F	reine Floridin- wirkungen
Das Floridin aus Birridia variabilis	purpur mit gelber Flores- cenz	? bräunlichgelb	zerfetzend	Desoxydat. bezeichnend	fallend	breites Band zwischen D u. E		

**b) Die melanotisch veränderbaren Pigmente (Uranidine).**

Gelber Lymphfarbstoff von Hydrophilus piceus	braunschwarz	gelb	Oxydation inhibirend	0	0	0	Oxydationsferment (post mortem ent- stehend)	
Gelber Lymphfarbstoff von Ascidia famicula	braunschwarz	gelb	oxydirend	0	desoxydir. (grüngelb)	oxydirend (oxydirt: 0)	Reductions- ferment (post mortem verschwindend)	
Aplysiofäulvin	tief dunkelviol. (Aplysinonigr.)	gelb	oxydirend	0	desoxydir. (braungelb)	oxydirend (desox.: 0 oxyl. j)		
Uranidin	? dunkelbraun	gelb mit grüner Fluorescenz	0	0	0	fallend	desox.: Band hinter F oxyl.: 0	Oxydationsferment







vergleichende Betrachtung der Respirationsvorgänge der Thiere ist es nicht wenig günstig, daß auch manche andere in thierischen Organismen als Sauerstoffüberträger fungirende Substanzen, ganz ebenso wie das Hämoglobin, schon durch die Färbung allein ihren Gehalt an Sauerstoff errathen lassen<sup>32)</sup>. *Harleß* entdeckte einen, sich dem Oxyhämoglobin in dieser Beziehung sehr ähnlich verhaltenden blauen Farbstoff, das Hämocyanin, in der Hämolymphe von Mollusken, und durch meine Untersuchungen wurde die Zahl derartiger Respirationspigmente noch um ein Erhebliches vermehrt. Zu den Respirationspigmenten zählen vornehmlich die Floridine<sup>33)</sup> Die Floridine. (Hämerythrin, Bugulapurpur, das kirschrothe Pigment von *Reniera purpurea*, das Rosa der *Hircinia variabilis* und einiger *Spongelia*- wie *Reniera*-Arten), violette bis purpurrothe Farbstoffe, welche in Wasser und Glycerin löslich, in den lipochromatischen Lösungsmitteln dagegen unlöslich sind, ohne aber von diesen zerstört zu werden. *Sorby's* Mittheilungen<sup>34)</sup> zufolge würde das Aphidin gleichfalls den Respirationspigmenten einzureihen sein. — Ich überzeugte mich aber zugleich, daß bei den, dem Hämoglobin functionell analogen Farbstoffen der Wirbellosen die respiratorische Action keineswegs so einfach ist wie bei dem Hämoglobin, und wie sie auch für jene von mehreren Forschern ohne Weiteres angenommen war. Auf der hier nochmals zum Abdruck gebrachten Tabelle dürften die diesbezüglichen Complicationen auffällig genug hervortreten.

Als vermeintliche Hämatinverbindungen hat man noch mehrere andere thierische Farbstoffe mit dem Hämoglobin in directer Beziehung geglaubt, so das Chlorocruorin *Ray-Lanketter's*<sup>35)</sup>, einen rothen, krySTALLISABELN Farbstoff des Lebersecretes von *Helix pomatia* (*Helicorubin*)<sup>36)</sup> und die sog. Dermochrome<sup>37)</sup>. Angebliche Hämatinverbindungen.

Die Angaben von *Ray-Lanketter* über das Chlorocruorin, sowie die über das *Helicorubin* von *Sorby* habe ich in vielen gravitirenden Punkten berichtigen müssen, und auch die Ansicht dieser Au-

toren, daß es sich bei diesen Pigmenten um respirirende Stoffe handle, ist vollkommen hinfällig geworden, seitdem ich nachgewiesen habe, daß *Ray-Lankester's* Oxychlorocruorin und Erythrocrucorin ein und dieselbe Substanz sind, welche durch Schwefelammonium nicht zu reduciren ist. Ebenso erhellt aus meinen Untersuchungen, daß das Helicorubin durch Schwefelammonium keine Reduction erleidet, und nur die durch thatsfächlich Beobachtetes sehr ungenügend gestützten Vermuthungen, daß das Chlorocruorin durch Cyankalium und Schwefelammonium dasselbe Reductionsproduct wie das Hämoglobin, das Helicorubin bei der Oxydation durch Kaliumhypermanganat Hämatin liefern soll, bedürfen noch der Bestätigung oder, was sich vermuthlich eher ereignen wird, der Beseitigung.

Sog.  
Dermo-  
chrome.

Die Speculationen *Mac Munn's* über seine sog. Dermochrome wären der Wissenschaft sicherlich ganz erspart geblieben, wenn sich dieser Forscher mit meinen  $\frac{3}{4}$  Jahre vor seiner Publication erschienenen Untersuchungen bekannt gemacht hätte; so entging es ihm aber, daß seine Dermochrome nur Gemische von Lipochromen und Hämoglobinderivaten sind. Daß *Mac Munn* aus der Haut von *Hirudo medicinalis* durch Digeriren und Erwärmen mit starker Natronlauge und nachherige Säurebehandlung schließlich Hämatoporphyrin erhielt, kann Den nicht Wunder nehmen, welcher weiß, wie weit sich bei diesem Wurme die Darmwülste an die äußere Haut erstrecken, und wie schwierig diese zu präpariren ist; daß daneben Lipochrome (*Mac Munn's* Lutein) gefunden wurden, ist ebenfalls nichts Neues, da ich dieselben nicht nur bei Arthropoden und Mollusken, sondern auch bei Würmern und Echinodermen weit verbreitet fand. Ein gewisser Werth ist in *Mac Munn's* Arbeit nur den Angaben beizumessen, daß auch aus dem Integumente von *Uraster*, *Limax flavus* und *Arion ater* durch successive Behandlung mit kochender Kalilauge und verdünnter warmer Schwefelsäure Hämatoporphyrin erhalten werden kann, was jedoch an Ge-



weben, welchen zuvor die Lipochrome vollständig entzogen wurden, erst noch näher zu untersuchen fein wird.

Eine mittelbare Beziehung zwischen den einzelnen im Vorhergehenden abgehandelten Farbstoffgruppen ergab sich mit Sicherheit nur für das Turbopbrunin (durch das Biliverdin) mit den Gallenfarbstoffen einerseits, und (durch das Hydrobilirubin) mit dem Hämoglobin anderseits, eine directe für das CyanokrySTALLIN mit den Lipochromen; vielleicht existirt eine mittelbare Beziehung auch zwischen den Lipochromen und dem Hämoglobin, nämlich durch die Lipochromoide, Melanoide und Melanine. Die schematisch gehaltene Tafel auf S. 101 bringt diese Verhältnisse zum Ausdruck.

Echtes und  
falsches  
Chloro-  
phyllgrün.

Die Chlorophyllfarbstoffe betreffend, hatte sich in der botanischen Literatur während der letzten Jahre der Unrath in einer so enormen Weise angehäuft, daß es unmöglich war, auf Grund derselben den Chlorophyllnachweis bei Thieren überhaupt nur zu versuchen. Was von Unkundigen in dieser Richtung trotzdem unternommen wurde, mußte in seinen Resultaten nothwendig belanglos bleiben. Aus den Untersuchungen von *Hansen*<sup>38)</sup>, welche den Ballast aus der Literatur entfernten, die begangenen Irrthümer aufdeckten und der verdienstlichen Arbeit von *Kraus* wieder zu dem verdienten Ansehen verhalfen, ist der Wissenschaft ein unermeßlicher Segen erwachsen. Jetzt, wo durch *Hansen* festgestellt wurde, daß das Chlorophyll ein Gemenge zweier Farbstoffe, des Chlorophyllgrüns und eines Lipochromes, des Chlorophyllgelbs, ist, beide Bestandtheile des sog. Chlorophylls krySTALLISIRT erhalten, über das optische Verhalten beider endgültig entschieden und das Chlorophyllgrün qualitativ wie quantitativ genau analysirt werden konnte, dürfte es allerdings der Mühe werth sein, zu untersuchen, inwiefern frühere Vermuthungen in Betreff des Vorkommens von Chlorophyllgrün bei wirbellofen Thieren das Richtige getroffen haben oder auch nicht<sup>39)</sup>. Abgesehen von pflanzlichem Parasitismus und auf-

genommenem pflanzlichen Chlorophyll, scheint mir die Gegenwart echten Chlorophyllgrüns bei Thieren äußerst zweifelhaft. *Sorby* und ich haben bereits dargethan, was *Schenk* vordem nicht vermochte, daß das Bonellein kein Chlorophyllgrün ist<sup>40</sup>); ich zeigte fernerhin<sup>41</sup>), daß den grünen Insectenflügeln keine Chlorophyllfärbung zu Grunde liegt und daß die gegentheilige Angabe von *H. Pocklington*<sup>42</sup>) nur darauf beruht, daß dieser Forscher nicht die geforderten Cantharidenflügel, sondern die ganzen Thiere mit Alkohol extrahirte und — weil der Darmtractus der Käfer in den aufgenommenen Eschenblättern unverändertes Chlorophyll ja in Menge führt — so nothwendig eine Chlorophylllösung erhalten mußte. Ebenso erklärt sich die, meinen Ergebnissen seltsamer Weise entgegengesetzte Angabe von *Mac Munn*<sup>43</sup>), welcher eine spectrokopische Aehnlichkeit zwischen dem von den durchscheinenden Raupen der *Pieris rapae* reflectirten Lichte und dem des Chlorophylls beobachtet zu haben angibt. Ein eventuell gefehenes Chlorophyllspectrum kann in diesem Falle aber nicht, wie *Mac Munn* annimmt, von den Pigmenten des Integumentes, sondern nur von unveränderten chlorophyllhaltigen Massen im Darmkanale der Raupe hergerührt haben. Schließlich wurde auch von mir die schützende Färbung der zwischen Tangen lebenden grünen *Virbius*-Arten als nicht durch Chlorophyll veranlaßt erwiesen<sup>44</sup>). Besonders verdienstlich müßte es jetzt sein, das Antheagrün und die grünen Farbstoffe von *Stentor*, *Raphidiophrys*, *Heterophrys*, *Spongilla*, *Hydra viridis*, *Idotea viridis*, *Convoluta Schultzii*, *Mesostomum viride*, *Chaetopterus Valenciennesii*, *Elysia viridis*, *Actaeon viridis*, die chlorophylloiden Farbstoffe in den Lebern von Mollusken, Arthropoden, Würmern und Echinodermen einer ebenso gründlichen Untersuchung zu unterwerfen, als die ist, welche heute über das pflanzliche Chlorophyll vorliegt, und auf Grund derselben das Chlorophyllgrün hier kurz charakterisirt werden soll.

Das aschefreie Chlorophyllgrün besteht nach *Hansen's* Analysen aus 67.60 Th. Kohlenstoff, 10.50 Th. Wasserstoff, 5.34 Th. Stickstoff, 16.55 Th. Sauerstoff und enthält nur sehr minimale Spuren von Eisen, keinen Schwefel. Gleich den Lipochromen widersteht es einer Verseifung mit siedender Natronlauge in wässriger wie alkoholischer Lösung und geht, wenn man bei der Extraction der Seife nach *Kühne's* Methode<sup>45)</sup> verfährt, in den Aetherauszug über; es wird von Alkohol, Aether, fetten Oelen, Chloroform etc. in Lösung gebracht, gibt mit Wasser eine dunkelgrüne Lösung und löst sich auch in concentrirter Schwefelsäure mit schön smaragdgrüner Farbe, nicht aber in Schwefelkohlenstoff. Durch Salzsäure entsteht aus dem Chlorophyllgrün eine spangrüne, in Aether unlösliche Salzsäureverbindung, durch Chlor ein braungelbes Chlorid. Die den Lösungen des Chlorophyllgrüns zukommende blutrothe Fluorescenz fehlt der festen Substanz, welche Dichroismus zeigt. Die Lichtempfindlichkeit des Farbstoffes ist besonders beträchtlich in wässriger Lösung und in Chloroform. Salpetersäure löst das Chlorophyllgrün chamoisfarbig; roth fluorescirend ist die im übrigen gleich gefärbte Lösung dieses Körpers in Aether. Das Spectralverhalten der Umwandlungsproducte durch Salzsäure, Schwefelsäure oder Salpetersäure ist von dem des unveränderten Chlorophyllgrüns nur durch eine Lageverschiebung der Absorptionsbänder gekennzeichnet.

Auf die zur Zeit wohl noch keineswegs ganz außer Frage gestellte Symbiose von Thieren und einzelligen Algen hier näher einzugehen, muß überflüssig erscheinen, weil dieser Gegenstand von *K. Brandt*<sup>46)</sup> erst ganz kürzlich mit großer Ausführlichkeit behandelt wurde. Nur glaube ich ausdrücklich hervorheben zu sollen, daß sämmtliche in *Brandt's* sonst so verdienstvoller Arbeit herangezogenen, vermeintlichen Chlorophyllnachweise bei Wirbellofen durchaus nichts belegen, und daß es unstatthaft ist, die Verdienste von *Geddes* durch die Bemerkung abzuschwächen: «Da aber schon



längst durch *Max Schultze* das Vorkommen von echtem Chlorophyll bei Turbellarien und anderen Thieren sichergestellt, und auch später durch *Sorby* und Andere auf spectrokopischem Wege echtes Chlorophyll in Thieren nachgewiesen war, so hatte das Ergebniß der Untersuchung von *Geddes* nichts Ueberraschendes.» Auch *Engelmann* soll durch seine «sorgfältigen Untersuchungen» dargethan haben, daß der «goldgelbe» (!) Farbstoff der *Acanthometriden* Chlorophyll ist. *Capranica* hatte seiner Zeit die Farbe des Hühner-eierdotters in eine schön sehrothe und die Spectren der Auszüge von Eigelb in die von Extracten aus Hühneraugen verwandeln können<sup>47)</sup>, warum vermöchte also nicht auch *Engelmann* in einem goldgelben Pigmente ein smaragdgrünes zu erblicken? Ich wiederhole hier, was, wie es scheint, zwar nur Wenigen zu hören angenehm ist, daß chlorophyllähnliche Stoffe (Enterochlorophyll *Mac Munn's*) von mir auch im Lebergewebe zahlreicher Mollusken-, Arthropoden-, Würmer- und Echinodermenspecies aufgefunden sind, und daß pflanzliches Chlorophyllgrün durch eine zweckentsprechende Farbstoffanalyse bislang noch bei keinem einzigen Wirbellosen nachgewiesen wurde. Jeder Sachkundige wird zugestehen müssen, daß es ohne sehr sorgfältige und eingehende Untersuchungen ganz unmöglich ist, manche veritabele Thierpigmente (z. B. Bonellein und die zahlreichen Hepatochrome) von dem Chlorophyllgrün mit seinen Zeretzungsproducten auf irgend einem Wege — durch Behandlung mit noch so vielen Reagentien oder auch spectrokopisch — zu unterscheiden; auf einer großen Literaturunkenntniß beruht es zwar, wenn *Mac Munn* glaubt, ich habe den chlorophylloiden Farbstoff der gelben Zellen bei *Anthea viridis* mit dem Anthea-grün verwechselt; bin ich doch der Erste gewesen, welcher beide Farbstoffe nicht nur unterschied, sondern sie auch von einander trennen lehrte<sup>48)</sup>.

Zu der Annahme, daß die gelben lipochromatischen Pflanzen-  
farbstoffe (z. B. das Chlorophyllgelb, die gelben Blütenfarbstoffe etc.)

Gelbe und  
rothe  
Pflanzen-  
farbstoffe.

direct aus dem Chlorophyllgrün hervorgegangen sind oder zu diesem in irgendwelcher chemischen Beziehung stehen, resp. daß sie unter Aufnahme von Stickstoff und gleichzeitiger Abgabe von Wasserstoff und Sauerstoff in Chlorophyllgrün übergehen können<sup>49)</sup>, liegt gegenwärtig gar kein Grund vor; wir wissen vielmehr, daß sich Lipochrome auch in den Geweben der Thiere, selbst noch bei Vögeln und Säugern selbständig bilden, daß sie in chemisch ganz anderen Substanzen als das Chlorophyllgrün ist, vorgebildet sein können. Eine gleiche Unabhängigkeit vom Chlorophyllgrün documentiren auch die gewöhnlichen, im Zellsaft gelösten rothen, blauen wie violetten Blüten- oder Fruchtfarbstoffe, welche als Erythrophyll, Anthocyan, Cyanin, Oenolin etc. bezeichnet wurden. Die blauen und violetten Farbstoffe gehen durch Säuren in den rothen über, und der rothe wird durch Eisenvitriol wie durch wenig Natriumphosphat violett, auf reichlichem Zusatz des Natriumfalzes aber blau. Alkalien färben die rothen Lösungen grün, beim nachherigen Neutralisiren mit irgend einer Säure kehrt aber das ursprüngliche Roth unverändert zurück<sup>50)</sup>.

Ein farbloses Chromogen im Blattparenchym der Aloëarten geht, wie *Hansen* nachwies<sup>51)</sup>, unter Wasser- und Sauerstoffaufnahme in ein rothes Pigment über, welches mit dem Violettroth vieler Früchte völlig übereinstimmt. Die Umwandlung dieses Chromogenes in den rothen Farbstoff erfolgt bei Anwesenheit von Wasser und Sauerstoff noch nach vorausgegangenem, mehrere Stunden unterhaltenem Trocknen des Blattparenchyms bei 150° C., nicht aber in kaltem oder siedendem Alkohol; ein in Wasser gegossener alkoholischer Auszug des Parenchyms färbt sich aber gleichfalls roth, was beweist, daß das Chromogen durch den Alkohol nicht zerstört, sondern durch diesen nur an einer Wasseraufnahme verhindert wurde. Aus diesen wichtigen Beobachtungen folgt die Unabhängigkeit des Entstehens der rothen Pflanzenfarbstoffe von der Anwesenheit des Chlorophyllgrüns.

Wahre und  
falsche In-  
digofar-  
bstoffe.

Substanzen der Indigogruppe<sup>52)</sup> finden sich bei Pflanzen wie bei Thieren. In den sauren Säften mehrerer Pflanzen, welche

Indigweiß nicht zu lösen vermöchten, findet sich nach *Schunck* ein Chromogen von Glykolidnatur, das Indican ( $C_{26}H_{31}NO_{17}$ ), welches sich durch verdünnte Säuren und Fermente leicht in Indigblau ( $C_{16}H_{10}N_2O_2$ ) und Indiglucin ( $C_6H_{10}O_6$ ) spaltet. Species der verschiedensten Pflanzenfamilien werden zur Indigobereitung verwandt und auch aus vielen anderen, darauf noch nicht genauer untersuchten Pflanzenarten läßt sich ein dem Indigblau ähnlicher, vielleicht damit übereinstimmender Farbstoff gewinnen.

Im Harn der Säugethiere findet sich oft in reichlicher Menge das sogenannte Harnindican, d. i. indoxylschwefelsaures Kalium ( $C_8H_6NSO_4K$ ), hervorgegangen aus reforbirtem Indol ( $C_8H_7N$ ), einem Zerfetzungsproducte der Eiweißkörper bei dem Fäulnißvorgange im Darmkanale, und ganz analog dem Indol erscheint das homolog constituirte und gleichfalls bei der Eiweißfäulniß entstandene Skatol ( $C_9H_9N$ ) als skatoxylschwefelsaures Kalium ( $C_9H_8NSO_4K$ ) im Harn wieder.

Dem Indigblau verwandt oder damit identisch schien lange der dunkelpurpurrothe Farbstoff, welcher sich am Lichte, unabhängig vom Sauerstoff der Luft, aus einem Chromogene in dem Mantelsecrete von *Purpura lapillus* und *P. patula* bildet. Dieser Farbstoff, der Purpur der Alten, *Schunck's* Punicin ist in Wasser, Alkohol und Aether unlöslich, in siedendem Benzol wie siedendem Eisessig in geringem Grade und in heißem Phenol wie in kochendem Anilin sehr leicht löslich. Letztere Lösung zeigt einen breiten Absorptionstreifen zwischen C und D. Das Punicin sublimirt bei  $190^{\circ} C$ . in schönen, metallglänzenden Krytallen, deren Ränder tief indigblau gefärbt sind, löst sich in conc. Schwefelsäure, bildet aber keine Sulfosäure, wodurch es vom Indigblau abweicht. Die Schwefelsäurelösung zeigt einen Absorptionstreifen zwischen D und E, wird durch alkalische Zinnoxidullösung reducirt, der Farbstoff fällt aber aus dieser Lösung an der Luft wieder aus. Salpetersäure und Chromsäure greifen das Punicin auch in der Wärme nur langsam

an, Brom verwandelt es in einen, in gelben Nadeln krytallisirenden, in Alkohol löslichen Körper. *Schunck* vermuthet, daß das Punicin ein sonst noch unbekanntes Glied der Indigogruppe ist.

Der violette Körper, welcher sich unter Lichteinwirkung aus einem gelblichen Chromogene in dem Purpurdrüfensecrete mehrerer Muriciden bildet, besteht nach *A.* und *G. de Negri* bei *Murex trunculus* aus zwei Farbstoffen, deren einer Indigo sein soll, welchen diese Forscher daraus abgechieden haben wollen. Diese Schlußfolgerung befindet sich im Widerspruche mit den Angaben von *Bizio*, denen gemäß der Purpur von *Murex* durch conc. Schwefelsäure nicht angegriffen, durch conc. Salpetersäure goldgelb gefärbt wird. Nach *Bizio* ist der Farbstoff in Alkohol, Aether, Wasser, verdünnten Säuren und kalten Alkalien unlöslich, nur kochende Kalilauge färbt er gelblich. Mir gelang es aus dem Purpursafte von *M. trunculus* (in einem gewissen Stadium seiner Umsetzung) eine wässrige violettblaue Farbstofflösung zu erhalten, deren Spectrum ein breites Aborptionsband vor und um E zeigte. Näheres ist über den Muricidenpurpur nicht bekannt geworden.

Angebliche  
Anilinfarbstoffe.

Auch natürliche Anilinfarbstoffe<sup>53)</sup> will man im Thierreiche aufgefunden haben. Nach *O. Erdmann* soll das carminrothe Pigment, welches *Monas prodigiosa* auf stickstoffhaltigen Nahrungsmitteln bildet, nur in seinem Verhalten gegen Salzsäure vom Rosanilin abweichen. Durch die Güte des Herrn Dr. *G. Pfeffer* erhielt ich kürzlich Rahm, welcher von diesem Schizomyceten befallen war, und überzeugte mich, daß der Farbstoff in Wasser unlöslich, in Aether wie Alkohol dagegen leicht löslich ist. Die alkoholische Lösung wurde durch Alkalien entfärbt, beim Neutralisiren mit Salzsäure das Pigment aber regenerirt. Im trocknen Zustande färbte sich der Farbstoff mit conc. Schwefelsäure vorübergehend purpurviolett, mit starker, roher Salpetersäure anfangs gelblich, später verschwand die Färbung ganz. Das Spectrum der alkoholischen Lösung zeigte drei Aborptionsbänder: eins hinter D, ein

zweites unmittelbar vor E und ein drittes vor F. Da nun das Fuchsin ein nur einbänderiges Spectrum liefert, der in der Mitte von D und E lagernde Streifen sich mit zunehmender Concentration, besonders nach dem violetten Ende des Spectrums hin rasch verbreitert, so ist der rothe Farbstoff von *Monas prodigiosa* unmöglich damit identisch.

*Erdmann* wies ebenfalls darauf hin, daß die Blaufärbung der von *Vibrio cyanogenus* befallenen Milch auf einem Farbstoffe beruht, welcher in seinen Reactionen speciell demjenigen Anilinblau gleicht, welches *A. W. Hofmann* als Triphenylrosanilin betrachtet. Mir hat sich mehrfach Gelegenheit geboten, diesen Vibrionenfarbstoff auf Leichentheilen, feucht gehaltenem Fibrin zu beobachten und zu untersuchen. Die Uebereinstimmung desselben mit einigen Anilinfarbstoffen ist eine auffallende, auch sein spectrokopisches Verhalten weicht nur darin von dem Anilinblau ab, daß das Absorptionsband um D bei dem Vibrionenblau ein wenig mehr nach dem violetten Ende des Spectrums verschoben ist als bei irgend einem der von mir geprüften Sorten von Anilinblau. Ob es sich bei diesem blauen Vibrionepigmente jedoch thatsächlich um einen Farbstoff aus der Triphenylmethan-Gruppe handelt, vermag nur die Elementaranalyse desselben endgültig zu entscheiden.

Auf Grund weniger, nichtiger Reactionen behauptete *M. Ziegler*, daß die gefärbte Flüssigkeit, welche *Aplysia depilans* absondert, eine concentrirte Lösung von Anilinroth und Anilinviolett sei. Er gibt an, daß sich die gefärbte Lösung sehr leicht zersetzt; fälle man aber den Farbstoff durch Schwefelsäure und nochmals aus der alkoholischen Lösung durch Kochsalz, so werde eine Substanz gewonnen, die sich durch concentrirte Schwefelsäure in ein schönes Blau verwandele, beim Lösen in Wasser aber wieder violett werde (*Ziegler's* Anilinviolett). Der bei der Kochsalzfällung in Lösung bleibende Farbstoff durch Gerbfäure abgetrennt, sollte (wie Fuchsin), durch Ammoniak entfärbt, durch Essigsäure wieder geröthet werden.

Die Farbstoffe im *Aplysia*secrete sind auch von *Moseley* und *Mac Munn* studirt worden. *Moseley's* Aplysiopurpurin ist ein Purpurfarbstoff, dessen alkoholische Lösung ein sehr dunkles Band zwischen b und F zeigt, das sich über E hinaus in ein schwächeres fortsetzt. Beim Anfäuern wird die Lösung schön violett und zeigt dann drei Spectralbänder, indem sich das schwarze zwischen b und F in unveränderter Lage erhält, und an Stelle seiner schwächeren Verbreiterung nach dem Roth zu zwei neue Bänder auftreten, ein sehr feines unmittelbar vor D und ein breites in der Mitte von D und E. Nach *Mac Munn* löst sich der Aplysiapurpur (sicherlich ein Farbstoffgemisch!) in Wasser, Alkohol, Aether, Chloroform, Schwefelkohlenstoff und zeigt in wässriger, alkoholischer, ätherischer Lösung wie auch in Chloroform ein ähnliches Spectralverhalten (ein Band vor D und zwei breitere vor E und vor F), welches aber von dem des Aplysiopurpurin *Moseley's* immerhin erheblich abweicht. Durch Natronlauge wird die alkoholische Lösung schwach blau oder grün, und in dem Spectrum der Lösung zeigt sich nur das Band vor D erhalten. Essigsäure, Salzsäure, Schwefelsäure wie Salpetersäure färben die alkoholische Farbstofflösung violett, welche dann ein breites, dunkles Band um D bis E und ein schwächeres vor F aufweist. *Moseley* untersuchte Aplysien vom Cap Vincent und von den Cap-Verdischen Inseln, *Mac Munn* solche von der Westküste Irlands, woraus sich vielleicht einige Differenzen in ihren Angaben erklären. Die spectroscopischen Untersuchungen beider Forscher lehren indeß übereinstimmend, daß bei der Färbung des *Aplysia*secretes keine Anilinfarbstoffe in Frage kommen.

Die thierischen Färbungen entstehen in allen bislang betrachteten Fällen einfach in Folge der durch die in den Geweben deponirten festen Farbstoffe oder Farbstofflösungen erfolgenden Absorption einzelner Strahlengattungen des in die Gewebe eindringenden Lichtes. Fallen die nicht absorbirten Lichtbestandtheile durch die farbstoffhaltigen Gewebe hindurch, so erscheinen dieselben farbig durch-

lichtig, werden dieselben dagegen zurückgeworfen, so erscheinen sie farbig undurchsichtig. Beide Male rührt die Körperfarbe von den, bei der Aborption übrigbleibenden Bestandtheilen des weißen Lichtes her, und da in dem zurückgeworfenen Lichte dieselben Strahlengattungen fehlen wie in dem durchgelassenen, nämlich die in den obersten Schichten abforbirt, so muß ein farbig durchsichtiges Gebilde im durchfallenden Lichte dieselben Farben zeigen wie im reflectirten. Die Farbe wechselt hierbei weder unter irgend einem Winkel des einfallenden Lichtes, noch des die Farbe percipirenden Auges. Nur die Oberflächenbeschaffenheit der überliegenden durchsichtigen Gewebsschichten modificirt die Färbung insofern, als bei rauher Oberfläche die Farben mehr oder weniger matt sind, bei glatter hingegen mehr oder weniger glänzend und gesättigter erscheinen.

Die Fälle, wo den thierischen Färbungen ein Farbstoffkörper zu Grunde liegt, sind zweifellos die theoretisch einfachsten; außer diesen sog. objectiven chemischen Aborptionsfarben, durch welche Die Structurfarben. sämtliche schwarze und braune, die rothen, orangenen und gelben Farbentöne meistens bewirkt werden, kommen, abgesehen von den Fluorescenz- und Phosphorescenzererscheinungen, bei einer vergleichenden Chromatologie der Organismen aber auch noch die objectiven und subjectiven Structurfarben<sup>54)</sup> in Betracht, welche, ausgenommen wenige zweifelhafte Fälle, im durchfallenden Lichte stets andere sind als im auffallenden. Gerade die brillantesten Thierfarben beruhen sehr häufig nicht (oder nicht hauptsächlich) auf der Gegenwart eigenthümlicher, vermöge ihrer chemischen Natur farbiger Stoffe, sondern auf besonderen Structurverhältnissen (Faserung, Streifung, eingeschlossene Lufträume u. s. w.), weshalb sie auch durch rein mechanische Eingriffe (Quetschen, Hämmern, Pulverisiren) verändert oder aufgehoben werden, chemischen Agentien gegenüber, soweit die Structurverhältnisse dadurch keine Abänderung erfahren, dagegen widerstehen. Nirgends in der ganzen

Thierreihe treten die Structurfarben in einer solchen Mannigfaltigkeit und so überraschend in ihrem Effecte auf als am Gefieder der Vögel, an welchem wir dieselben deshalb auch vorzugsweise erläutern wollen.

Die objectiven Structurfarben unterscheiden sich dadurch von den subjectiven, daß erstere in keiner Weise von der Lage des Auges oder der auffallenden Lichtstrahlen abhängig sind, während die subjectiven Structurfarben unter diesen beiden Verhältnissen wechseln.

Der einfachste Fall einer objectiven Structurfarbe ist das reine Weiß, welches durch einen, dem Gewebe eingelagerten undurchsichtigen Körper hervorgerufen wird, der alle Bestandtheile des auf ihn fallenden Sonnenlichtes in hohem Betrage und in gleichem Maße zurückwirft, wie sie in dem Sonnenlichte enthalten sind, der also nur kleine Beträge davon absorbirt. Derselbe Effect wird oft (z. B. in allen weißen Federn, den weißen Haaren) dadurch erzielt, daß die Gewebe von Lufträumen durchsetzt werden, bisweilen so reichlich, daß die festen Gebilde auf ein zartes Maschenwerk reducirt sind.

Viele weiße Färbungen von Thieren sind als Anpassungsercheinungen gedeutet, andere als zweckmäßig für das darüber verlaufende Chromatophorenspiel befunden worden. In der That ließe sich außer dem amorphen Calciumcarbonat kaum eine, in thierischen Zellen auftretende Substanz ausfindig machen, welche wegen ihrer kreidigen, undurchsichtigen Beschaffenheit einen passenderen Untergrund für ein Spiel von Farbstoffzellen abgeben könnte als das Guanin<sup>55)</sup>, welches Epidermiszellen bei Fischen, Amphibien und Reptilien oft so massenhaft erfüllt. Einer Verallgemeinerung dieser Idee steht aber die Thatfache entgegen, daß bei vielen Thieren (Batrachier, Schlangen) vornehmlich die untere Körperfläche guaninhaltig ist, nicht die Schaufseite, an der doch allein der Farbenwechsel wirkungsfähig werden könnte. — Wie die kreidigen Par-



tieren in der Haut bei Raupen zu Stande kommen, wissen wir noch nicht mit Bestimmtheit anzugeben, nur soviel steht fest, daß dieselben nicht, wie *Leydig* glaubte, auf Guanineinlagerungen beruhen<sup>56)</sup>.

Während das reine Guanin die Hautdecke der Batrachier, Reptilien und Selachier stellenweise in einen undurchsichtigen weißen Mantel verwandelt, auf welchem die Chromatophoren oder Chromatoblasten ihr Spiel treiben, verleihen feine Krysfällchen von Guaninkalk der äußern Haut von Knochenfischen den prächtigsten Silberglanz. In der Cephalopodenfklara sind es spindelförmige Krysfalloide — deren chemische Natur noch nicht aufgeklärt, sondern nur bewiesen wurde, daß sie weder aus Uraten noch aus Guanin bestehen<sup>57)</sup>, — welche einen sehr ähnlichen Eindruck hervorrufen. In wie weit dieser Silberglanz auf Interferenz oder auf totaler Reflexion beruht, wo alsdann der Guaninkalk ähnlich den mit Luft erfüllten Poren an der Unterseite der Hydrophiliden, Dyticiden und der Hydrometra wirken würde, bedarf wohl noch eingehenderer Untersuchungen.

Zu den objectiven Structurfarben zählt fernerhin das helle bis dunkle Blau vieler Vogelfedern (*Irena puella*, zahlreicher Psittacidenpecies, *Pitta moluccensis* etc.) und nackter Hautstellen bei Vögeln (z. B. bei *Casuarus*) wie bei Säugethieren (z. B. beim Mandrill). Das physikalische Zustandekommen der intensiven Blaufärbung in den Hauttheilen wurde noch immer ganz ununtersucht gelassen, und wie diese Färbungen durch die vielfachen Aborptionen und Brechungen, welche die das Gewebe treffenden Lichtstrahlen bis zum Eintritt in die schwarze Pigmentlage oder in unser Auge erfahren, in den Federn der Vögel entsteht, ist äußerst schwer, aller Wahrscheinlichkeit nach ganz unmöglich zu erklären. Wir wissen nur, daß in allen derartigen Federn der blaue Farbenton genau an der Stelle einsetzt, wo sich über die, stets zu unterst liegende schwarze resp. braune Pigmentlage eine Schicht von prismatischen oder kugeligen Hohlräumen (als l'émail zuerst von *Fatio*

befchrieben und als große polygonale Zellen mit gefärbten Kernen gedeutet; *Gadow's* prismatic cells oder prismatic columns) schiebt; meist zeigt sich die Blaufärbung auf die Federäste beschränkt, welche an diesen Stellen jeder weitem Verästelung und der Anhänge entbehren, dafür aber breiter und flacher werden.

Einige thierische Flüssigkeiten und durchscheinende Gewebe zeigen im durchgelassenen Lichte einen mehr gelblichen oder röthlichen, im auffallenden Lichte dagegen einen bläulichen Farbenton. Diese Farbenercheinungen beruhen nach *Brücke* und *Helmholtz* darauf, daß das Licht unter diesen Umständen ein mit sehr kleinen Theilchen erfülltes Medium passiert; das auffallende weiße Licht wird dann nicht gleichmäßig zurückgeworfen, weil die Lichtwellen der verschiedenen Strahlengattungen ja bekanntlich verschieden groß und je kleiner dieselben sind, desto bedeutender auch die relative Größe jedes Theilchens, auf das die Lichtwelle auffällt, und desto größer demnach auch die Reflexion sein muß. Im zerstreuten Lichte sehen wir deshalb das Blau überwiegen und das durchgelassene Licht wird da, wo von ihm nur eine kurze Strecke in dem trüben Medium zurückgelegt wurde, gelblich erscheinen.

In vielen, stellenweise blauen Papageienfedern liegt (unter Beibehaltung der den blauen Federn charakteristischen Textur) über der schwarzen Pigmentschicht ein gelb gefärbtes Horngewebe, wodurch die Feder einen, im auffallenden Lichte rein dunkelgrünen Farbenton bekommt. Alle gelben Federn, mögen dieselben ein gelbes Pigment enthalten oder nicht, zeichnen sich nach *Gadow's* Untersuchungen durch eine sehr feine Längsstreifung ihrer Oberfläche aus, bei der die einzelnen Erhabenheiten mehr oder weniger parallel zu einander stehen und als gerade verlaufende Linien erscheinen. Häufig beruht die Gelbfärbung von Federn lediglich auf einer solchen Längsstreifung; so z. B. bei den, im auffallenden Lichte gelb, im durchfallenden farblos erscheinenden Federn von *Pitta*, bei welchen die Längswülste nur um ca. 0.0015 mm von





einander absteigen. Die violette Färbung gewisser Federn (z. B. bei *Aethopyga* und *Sturnus*) liegt in ähnlichen Verhältnissen begründet, jedoch ist bei diesen die Riffelung eine viel feinere als bei den gelben Federn, und die leistenförmigen Erhebungen scheinen auch nicht geradlinig zu verlaufen.

Nach *Gadow's* Untersuchungen kommt auch das Grün bei den meisten grünen Federn nicht als Mischfarbe eines gelben Pigmentes und eines durch die Textur bedingten Blau zu Stande, sondern durch eine andersartige Structur. Die grünen Federn besitzen gewöhnlich eine glatte Oberfläche und zwischen den durchsichtigen, äußeren Zellenlagen und dem bald gelben, bald braunen oder nelkenfarbigen Pigmente in der Tiefe befindet sich ein System von Streifen und feinen Grübchen. Je regelmäßiger und paralleler die dadurch entstehenden Furchen angeordnet sind, desto mehr soll das Grün in's Gelbe übergehen. Da pigmentfreie grüne Federn unbekannt sind, sich aber bei allen die eigenthümliche Zwischenstructur findet, so wird man nach *Gadow* nicht annehmen können, daß das Grün oder ein eventuelles Blau rein in der Textur begründet liegt, sondern daß vielmehr die Federn das von dem gelben Pigmente ausgehende Licht dem Grün zu brechen. Vergleiche ich indeß die Zeichnung einer solchen grünen Feder in der Abhandlung *Gadow's* mit den von mir eingehender untersuchten blauen Federn der *Irena puella*, so kann ich nicht zugeben, daß sich beide Federn in ihrer Structur erheblich unterscheiden. — Durch ähnliche Lichtreflexe wie in den Federn entsteht zweifellos auch die grüne Hautfarbe der Amphibien (z. B. bei *Rana*, *Hyla arborea*) und Reptilien (*Chamaeleo*, *Lacerta* etc.).

Ob die blauen Farbentöne, welche man oft in sehr intensivem Grade und ohne begleitendes schwarzes Pigment an Mollusken-schalen (z. B. bei *Mytilus edulis*, *Cypraea moneta*) auftreten sieht, welche sich aber weder bei durchfallendem und in verschiedenen Richtungen auffallendem Lichte, noch wenn die Gehäuse

zu Pulver zerstoßen find, ändern oder gar verschwinden, ebenfalls nur in der Structur des Gewebes begründet liegen, vermag die wissenschaftliche Optik unserer Tage wohl kaum zu entscheiden. Mir gelang es nicht, mich in diesen Fällen von der Anwesenheit eines Farbstoffkörpers direct zu überzeugen, geschweige denselben aus den Schalen zu extrahiren, wobei allerdings eine vorherige Beseitigung der Kalksalze durch Säuren nicht umgangen werden konnte.

Die subjectiven Structurfarben sind solche, welche wechseln mit der Stellung des einfallenden Lichtes und des beobachtenden Auges. Diese zerfallen in zwei Gruppen, 1) in die Interferenzfarben und 2) in die prismatischen Dispersionsfarben.

Die Interferenzfarben werden hervorgebracht durch eine äußerst feine Streifung oder auch durch schichtenweises Abwechseln von dünneren und dickeren Gewebsschichten resp. von zarten Häuten und eingeschlossenen Lufträumen. Die metallisch glänzenden Farben der Schlangenschuppen, der Schmetterlingsflügel, der Schwingplättchen bei den Rippenquallen, der Calyptrinen einiger Käfer (Curculioniden, *Hoplia farinosa*) verdanken einer feinen Streifung ihre außergewöhnliche Farbenpracht. Sehr schön zeigen sich «die Farben der gestreiften Oberflächen» am sog. Perlmutter der Molluskenchalen. Hier sind es ausnehmend dünne Lagen, welche, wenn man sie beim Poliren der Schale durchschneidet, ihre Ränder und dazwischen die für das Zustandekommen der Interferenzerscheinungen erforderlichen kleinen und regelmäßigen Furchen zeigen. *Brewster* lieferte den entscheidenden Beweis, daß das Irißiren des Perlmutters dem mechanischen Zustande der Schalenoberfläche zuzuschreiben ist, dadurch, daß er ein irisirendes Schalenstück in schwarzes Siegelack abdrückte, worauf dieses mit den Furchen auch die Farben des Perlmutters wiedergab.

Als Interferenzfarben betrachtet *Brücke* auch das an den Edlopal erinnernde Opalifiren der Haut von Cephalopoden, welches

unter den mittelländischen Species besonders schön an *Sepiola Rondeletii* beobachtet werden kann. «Es ist mir nicht zweifelhaft», sagt *Brücke*, «daß diese Farben Interferenzfarben dünner Blättchen sind. Erstens spricht dafür der außerordentliche Glanz und die Lebhaftigkeit der Farben, und zweitens der Umstand, daß alle Farben, welche hier vorkommen, einer bestimmten Abtheilung der Farbenscala entnommen sind; es sind nämlich keine anderen als die des dritten *Newton'schen* Ringsystems, welche vom Violet aufwärts bis zum Roth vollständig und in allen Abstufungen vertreten sind. Namentlich waren an meinem Exemplare häufig blaue, meergrüne, grasgrüne und gelbgrüne Flittern. Man muß sich erinnern, daß, wenn wir mit unseren zusammengesetzten Mikroskopen die Gegenstände bei durchfallendem Lichte untersuchen, unsere Netzhaut kein Bild derselben im gewöhnlichen Sinne des Wortes empfängt, sondern der Schatten des Objects auf sie geworfen wird. Wenn nun auch der Effect der Beugung bei größeren Gegenständen so gering ist, daß er nicht wahrgenommen wird, so kann er doch bei einem so kleinen Objecte, wie das in Rede stehende, die optischen Eigenschaften desselben sehr wohl verdecken. Vielleicht mochte auch die Intensität der im durchfallenden Lichte interferirenden Wellenzüge so verschieden sein, daß die Farbe an sich nur sehr schwach ausfallen konnte. Deshalb sah man die Flittern, wenn sie von unten beleuchtet waren, nur als einzelne helle, matt gelbliche oder bräunliche Punkte, von einem dunkleren Rande umgeben.» Eine Nachforschung über das Entstehen der irisirenden Farben an der Haut von *Sepiola Rondeletii* haben mir<sup>58)</sup> indeß gezeigt, daß dieselben nicht, wie *Brücke* will, durch zahllose, sehr kleine, der Haut eingestreute Flitterchen, sondern durch eine feine Riffelung von Zellen bewirkt werden, und diese Erscheinungen somit physikalisch ganz die nämlichen sind, wie an den Schuppen der Schlangen, Lepidopteren und Cureulioniden.

Die Schillerfarben weißer und grauer Federn (z. B. bei Tauben),

welche sich beim Uebergange von der senkrechten zur streifenden Incidenz von Roth in Grün oder von Grün in Roth ändern, und, wenn man die Feder (am besten mit Alkohol) benetzt, verschwinden, beim Trocknen aber wiederkehren, hält *Brücke* für Farben dünner Blättchen, welche als solche durch zwei Reflectionen hervorgebracht werden, von denen die eine beim Uebergang von Licht aus der Luft in einen festen Körper, die andere beim Uebergang von Licht aus einem festen Körper in Luft entsteht. Auch die Schillerfarben beim Chamäleon entstehen nach *Brücke* wie die Farben der *Newton'schen* Ringe; «bei diesen ist der Abstand der reflectirenden Flächen sehr ungleichmäßig, sodaß das Mikroskop an einer und derselben Zelle immer mehrere Farben gleichzeitig nachweist. An den Taubenhalsfedern ist dies in geringerem Grade der Fall, so daß eine Farbe stets die Hauptfarbe ist, neben der nur hier und da andere auftreten. Für die mikroskopische Untersuchung, bei der zunächst die Strahlen in Betracht kommen, die mit dem Einfallslothe verhältnißmäßig kleine Winkel machen, ist die Hauptfarbe des auffallenden Lichtes bei den meisten Zellen grün, die des durchfallenden roth».

Weit reservirter äußert sich *Brücke* über das Zustandekommen des Metallglanzes an den Pfauenfedern. Diese Federn «verlieren durch Benetzen ihre Schillerfarben nicht, ja selbst durch Kochen in Terpentinöl werden sie nicht zerstört, sondern nur in Glanz und Farbenton etwas verändert; legt man das mit dem sog. Auge verfehene peripherische Ende einer solchen zwischen sich und eine Lichtquelle horizontal auf eine Unterlage, die sich um eine verticale Axe dreht, so wird man finden, daß die Farben durch alle Phasen der Drehung dieselben bleiben; hebt oder senkt man aber die Feder, dann ändern sich die Farben sofort; sie sind also unabhängig von der Orientirung und nur abhängig von der Incidenz. Beim Uebergange aus der senkrechten in die streifende Incidenz verändert sich Grün durch Blau in Purpur und andererseits Kupferroth in Grün». *Brücke* versuchte, diese Erscheinungen ebenfalls



nach dem Princip der dünnen Blättchen zu deuten; ich muß jedoch dagegen einwenden, daß nach Entfernung des schwarzen Pigmentes durch Kaliumchlorat und Salzsäure die metallglänzenden Parteen der Pfauenfedern (bei starken Vergrößerungen betrachtet) sehr wohl eine feine Streifung erkennen lassen, und sich ihre Metallfärbung deshalb doch vielleicht nach dem Princip der irisirenden Knöpfe erklären dürfte; jedenfalls sind die regelmäßigen Furehensysteme an der Oberfläche für das Entstehen des Metallglanzes in diesem Falle von der größten Bedeutung.

Die Betrachtung der Structurfarben und der pigmentösen Einlagerungen umgreift die thierischen Färbungen insgesammt. Fälle, wo sich die Gewebssubstanz selbst aus einer farbigen Masse aufbaut, sind denkbar, aber kaum realisirt. Die gelben Horngelbe, die schwarzen Antipathidenstämme verdanken sicherlich diffus vertheilten Farbstoffen ihr Colorit, und daß keine an sich rothe Muskeln existiren, wie solches noch *Pouchet*<sup>59)</sup> annahm, sondern nur mit Hämoglobin oder einem anderen rothen Pigmente imprägnirte, ist heute jeder weiteren Discussion entzogen.

Ein guter Theil der aus Organismen in reinem Zustande künstlich abgetrennten Substanzen fällt auf die thierischen und pflanzlichen Pigmente; allerdings nur von wenigen derselben ist die chemische Constitution erforscht und außer Frage gestellt, und ihre Besprechung schließt deshalb ein chemisches Hand- oder Unterrichtsbuch für gewöhnlich ab. In der Physiologie gebührt den Pigmenten jedoch eine höhere Rangstellung, — eben deshalb, weil nur wenige andere, sich an dem Aufbaue der lebenden Wesen beteiligenden Stoffe einer wissenschaftlichen Behandlung verhältnißmäßig so leicht zugänglich, die Kenntnißnahme von der chemischen Natur der Farbstoffe gegenwärtig durch weit mehr Mittel ermöglicht ist als z. B. die der Eiweißkörper, ja selbst der Kohlehydrate. Die spectralanalytischen Untersuchungen mit allen ihren Feinheiten, die Reinigungsverfahren in ihrer, noch vor wenigen Jahren un-

geahnten Vollkommenheit, charakteristische Reactionen geben heutzutage unzählige Mittel an die Hand, die Pigmente mit einer Vollständigkeit zu isoliren und uns von ihrem Intactsein zu überzeugen wie bei nur wenigen anderen, aus der lebendigen Werkstatt hervorgegangenen Verbindungen.

Vergleichen wir die Farbenphysiologie von heute mit der weniger Jahre zuvor, so sehen wir die Zahl der pflanzlichen Pigmente gegen damals erheblich vermindert, die der thierischen Farbstoffe dagegen um ein Beträchtliches vermehrt. Was mit unzureichenden Mitteln untersucht, sich als zahlreich ergeben haben sollte, wurde auf ein Minimum reducirt, und man begreift nicht mehr, wie *Hoppe-Seyler* noch im Jahre 1881 den vierten Theil seiner physiologischen Chemie mit dem Satze eröffnen konnte: «Die große Mannigfaltigkeit und der Reichthum an verschiedenen chemischen Producten, welche in den Lebensprocessen der Pflanzen entstehen, finden in den Thieren nicht ihresgleichen». Ein kaum mehr als zehn Thiere umfassendes Wissen stellt hier *Hoppe-Seyler* der jahrhundertelangen Erfahrung gegenüber, welche z. Th. schon seit der Zeit des *Theophrast* oder *Dioscorides* datirt und jetzt Tausende von Vertretern des Pflanzenreiches umfaßt. Wie kann es darum nur wunderbar erscheinen, daß gegenwärtig mehr Stoffe pflanzlicher als thierischer Herkunft bekannt sind, und wie nur Jemand sich erkönnen, dieses zu einem Axiom zu gestalten, welches auf seine Richtigkeit zu prüfen, vor mir noch keiner ernstlich gewillt war. Das Folgende, bei welchem wir rein systematisch vorgehen wollen, wird uns eine Anschauung davon zu geben vermögen, was in der Bildung von Pigmenten, der am besten charakterisirten Stoffwechselproducte also, auch der Thierkörper zu leisten vermag, und daß dieser in seinem productiven Können hierin keineswegs dem pflanzlichen Organismus nachsteht.

Indem wir, soweit es eben der gegenwärtige Stand unserer Kenntnisse gestattet, die Ursachen der Färbung bei ausgewählten

Repräsentanten der einzelnen Thierclassen jetzt kurz erläutern wollen, übergehen wir dabei die durch das Hämoglobin veranlaßten Pigmentationen, weil diese schon in meinem ersten Vortrage Berücksichtigung fanden, und berühren auch die lipochromatischen und chlorophylloiden Farbstoffe nur in den Fällen, wo dieselben zu weiteren Betrachtungen Veranlassung geben; Lipochrome finden sich mit sehr geringen Ausnahmen in der Thierreihe überall vor, und über die chlorophylloiden Farbstoffe läßt sich, wie ich bereits bemerkte, erst wenig Bestimmtes aussagen, weil man bis vor Kurzem das Verhalten des pflanzlichen Chlorophylls nicht einmal kannte, und um über das Vorkommen des Chlorophylls schlüssig zu werden, eine Untersuchung nach *Kühne's* Verseifungsmethode unumgänglich nöthig, solche aber bislang nur von mir in vereinzelten Fällen an Farbstofflösungen von Wirbellosen ausgeführt worden ist.

Den auf niedrigster Stufe der Organisation stehenden Lebewesen<sup>60)</sup>, den Schizomyceten und Myxomyceten, scheinen die Lipochrome noch zu mangeln; ganz andersartige blaue, rothe und gelbe Pigmente treten hier in Wirklichkeit, über welche Repräsentanten höherstehender Thierclassen gar nicht mehr verfügen. Wie ich gleichfalls schon in meinem ersten Vortrage hervorhob, stoßen wir bei diesen Formen, besonders in Betreff der blauen Pigmente, auf Differenzen, deren genauere Kenntniß für eine allgemeine Biologie sehr werthvoll sein müßte. Den von sehr verschiedenartig geschulten und interessirten Forschern gemachten Angaben läßt sich wenigstens schon jetzt soviel entnehmen, daß *Fordos'* und *Lücke's* Farbstoff des blauen Eiters sowohl von *Erdmann's* blauem Vibrionepigmente, wie auch von *Neellen's* Farbstoffe der blauen Milch chemisch erheblich abweicht. Doch schon bei den Flagellaten addiren sich einem, dem Chlorophyllgrün ähnlichen Farbstoffe chlorophan- wie rhodophanartige Lipochrome hinzu.

Durch die Güte des Herrn Geheimerath *Kühne* bin ich in der Lage, Ihnen in dieser Hinsicht statt weitläufiger Referate das Er-

Farbstoffe  
der  
Protozoen.

gebniß einer vollständigen Farbstoffanalyse mitzutheilen. Meine Untersuchung betrifft einen alkoholischen Auszug von *Euglena sanguinea*, welchen Herr Professor *Büttchli* angefertigt hatte. Derselbe wurde nach *Kühne's* Methode verseift und bei dem nachherigen Behandeln der Seife mit Petroläther, Aether und Essigäther 1) ein gelber, chlorophanartiger Farbstoff erhalten, der auch ohne vorheriges Ausfäulen der Seife mit Kochsalz vollständig in Petroläther überging, 2) ein spectrokopisch als Rhodophan charakterisirter Körper, aus der Seife direct nur durch Essigäther zu extrahiren, mit schön purpurvioletter Farbe in Schwefelkohlenstoff löslich, und 3) ein gelbgrünes Pigment, welches sich weder mit Petroläther noch Aether der wässrigen Flüssigkeit entziehen ließ, in welche es nach dem Ausfäulen der Seife übergegangen war. Das Spectrum dieser Lösung zeigte zwei Absorptionstreifen (einen hinter C, den anderen hinter D), was ebenso wie das chemische Verhalten auf ein Zersetzungsproduct von Chlorophyllgrün hinweist. Ein sicherer Anhaltspunkt für diese Muthmaßung wird voraussichtlich aber nur an *Euglena viridis* zu gewinnen sein, über deren Farbstoff die vom Fürsten *Salm-Horstmar* mitgetheilten Reactionen allein nichts schließen lassen. Daß in *Euglena sanguinea* ein an verseifbares Fett gebundener rother Farbstoff vorkommt, hatte schon *v. Wittich* bemerkt und diesen von dem begleitenden chlorophylloiden Körper auch zu trennen vermocht; doch die beiden lipochromatischen Farbstoffe blieben in seinen Lösungen vereinigt, und es ist deshalb auch unmöglich anzugeben, ob die granatrothen, durch Chlor nur die Farbe verlierenden, nicht die Form verändernden Octaëder, welche er erzielte, auf das chlorophan-, rhodophanartige Pigment, das cholestearinähnliche Zersetzungsproduct beider oder vielleicht nur auf anderweitige Verunreinigungen der Farbstoffe zu beziehen sind.

*Hansen* und ich haben uns wiederholt bemüht, rhodophanartige Farbstoffe auch im Pflanzenreiche nachzuweisen; es ist uns aber bislang nicht gelungen. Wir können zwar nicht behaupten,

auch nur einen nennenswerthen Theil der vegetabilischen Gebilde in Untersuchung gezogen zu haben, bei welchen der Augensehein die Anwesenheit von Rhodophanen wahrscheinlich macht; allein die von uns getroffene Auswahl dürfte eine solche gewesen sein, daß unser negatives Resultat wenigstens den Schluß erlaubt, daß rhodophanartige Lipochrome im Pflanzenreiche außerordentliche Seltenheiten sind, wodurch natürlich nicht ausgeschlossen bleibt, daß sie hier ganz fehlen. Die gewöhnlichen rothen Blüten-, Blätter-, Frucht- und Stengelfarbstoffe sind, wie wir gezeigt haben, überhaupt keine Lipochrome, und was von rothen, pflanzlichen Lipochromen (z. B. das Carotin, die Safranfarbstoffe) bislang untersucht wurde, ergab sich spectrokopisch immer als der Chlorophangruppe angehörig. In den rothen Augenpunkten der Flagellaten präsentirt sich uns, soviel wir wissen, das Rhodophan zum ersten Male; durch alle Classen des Thierreiches, bei der einen Species fehlend, bei einer andern um so reicher entwickelt, wird es uns von jetzt ab bis zu den Vögeln hinbegleiten, in deren Retina es am längsten beharrt; denn ist das Rhodophan bei den höher organisirten Wirbelthieren erst aus dem Sehorgan verschwunden, dann hat der Organismus seiner auch so gut wie ganz entagt.

Den Stand unserer Kenntnisse über die Farbstoffe der Rhizopoden resumirt *Büttchli* in folgenden Sätzen: «Bei marinen Rhizopoden sind namentlich die feinkörnigen, intensiv rothen bis gelblichrothen und gelbbraunen Pigmente sehr verbreitet und verleihen durch ihre reichliche Anhäufung diesen Formen meist eine mehr oder minder intensive Färbung. Besonders reichlich sind sie in den älteren Kammern der Polythalamien angehäuft. Die genauere Untersuchung dieses Farbstoffes sowie der Farbstoffbläschen bei *Polystomella* und *Gromia* durch *M. Schultze* (Ueber den Organismus der Polythalamien nebst Bemerkungen über die Rhizopoden im Allgemeinen. Leipzig 1854) ergab, daß es sich hier um einen dem Diatomin entsprechenden Körper handelt, und leitet ihn von der vorzugsweise aus

Diatomeen bestehenden Nahrung her. Die Richtigkeit dieser Auffassung ergab sich auch noch daraus, daß sich in hungernden Polystomellen der Farbstoff sehr verminderte, wogegen reichliche Fütterung ihn bald wieder vermehrte. Auch Süßwasserformen weisen nicht selten ähnliche Pigmente auf. So findet sich ein ähnliches diatominartiges Pigment häufig bei *Pseudochlamis patella*, ein tief violett bei *Amphizonella violacea Greeff*. Ein zinnoberrothes, zuweilen in's Braunrothe und Grünliche gehendes ist charakteristisch für *Plakopus ruber F. E. Schulze* und soll wahrscheinlich aus dem Chlorophyll der Nahrung hervorgehen, wie ja ähnliche Umwandlungen gefressener Chlorophyllmassen zu gelben bis braungelben Massen z. B. auch von *Auerbach* (Zeitschr. für wissensch. Zoologie. Bd. VII) bei *Cochliopodium bilimbosum* beobachtet wurden. Chlorophyll selbst, als endogenes Erzeugniß des Rhizopodenkörpers, ist mit Sicherheit kaum bekannt, es scheint sich hier fast durchaus um als Nahrung aufgenommenes Chlorophyll zu handeln. Doch ist eine der beschriebenen Varietäten der *Daetylosphaera vitreum H. u. L.* mit grünen Körnern reichlich gefüllt, während die andere Varietät ähnliche gelbe Körper zeigt. Zahlreiche Chlorophyllkörner enthalten auch eine Art oder Varietät von *Cochliopodium*, sowie sehr häufig auch die Difflugien *Carter*, Ann. and mag. of nat. hist. 3 Ser. Bd. XIII»).

Ich vermag dem nichts Genauerer oder Bestimmteres hinzuzufügen, und auch in Betreff der Infusorien ist nichts Wichtigeres zu verzeichnen. Nur mit dem blauen Farbstoffe aus *Stentor caeruleus* wurden von *Ray-Lankeller* einige Versuche angestellt, welche Folgendes ergaben: Das Spectrum des blauen *Stentorins* zeigt zwei Absorptionsbänder, ein dunkleres an der rothen Seite von C und ein schwächeres zwischen D und E. Der Farbstoff wird von Essig-, Salz- und Schwefelsäure nicht angegriffen, Kalilauge macht ihn dunkler, löscht das Band im Spectrum zwischen D und E aus und läßt das andere, jetzt etwas nach B verschobene Band

stärker hervortreten. — Im Ectoplasma von Vorticellen fand *Engelmann* einen grünen Farbstoff (Chlorophyll?) diffus vertheilt, der die Thiere befähigt im Lichte Sauerstoff auszuscheiden und ein eigenes Erzeugniß des Vorticellenkörpers zu sein verspricht.

Unter den Cölenteraten<sup>61)</sup> findet sich schon bei den Spongien Farbstoffe  
der  
Cölenteraten, eine reichhaltige Pigmentirung. Verschiedenartigen gelben und rhodophanartigen Lipochromen verdankt eine große Anzahl von Schwämmen (*Suberitiden*, *Myxilla*, *Clathria* etc.) ausschließlich ihre, oft sehr intensive Färbung, welche, je nachdem chlorophan- oder rhodophanartige Pigmente in den Geweben vorherrschen, gelb, orange oder satt roth erscheint; bei keiner einzigen, daraufhin untersuchten Salzwasserspongie wurden Lipochrome ganz vermißt. Bei *Aplysiniden* gefellt sich den Fettfarbstoffen ein gelbes Uranidin hinzu, und auch die Schwärzungen vieler *Cacospongien* beruhen wohl ebenso wie die Verfärbung, welche das alkoholische Extract von *Hircinia spinosula* bei der Verseifung erfährt, auf der Bildung melanotischer Zeretzungsproducte von Uranidinen. Ein schwärzliches Pigment maskirt einen gelben Fettfarbstoff bei den Gummineen (*Chondrosia*), und bei einigen *Reniëraspecies* werden die Lipochrome durch Floridine völlig unsichtbar gemacht, während z. B. bei *Reniëra aquaeductus* auch sie es sind, welche die Färbung dieser Spongie ausschließlich bedingen und zwischen gelb, orange und roth variiren lassen.

Die rothen Floridine der Reniëren und der *Hircinia variabilis* zeigen in ihrem chemischen Verhalten manche Uebereinstimmung mit rothen pflanzlichen Blüten- und Fruchtfarbstoffen, auch wohl mit rothen Algenpigmenten. Sie lösen sich nur in Wasser und Glycerin (bisweilen mit prächtiger Fluorescenz), und ihre Lösungen entfärben sich meist leicht unter Sauerstoffabgabe, ohne aber einer Rückverwandlung bei Sauerstoffzufuhr unzugänglich zu werden. Ich habe früher mehrere Gründe geltend gemacht, welche mich bestimmen, diese Pigmente als thiereeigene Producte

zu betrachten, und halte daran um so mehr fest, als das Hämerythrin in den hämolymphatischen Körperchen der Sipunculiden den Floridinen nicht fern zu stehen scheint, und jenem analog functionirende Pigmente bei Pflanzen zur Zeit noch unbekannt, bei Thieren hingegen weit verbreitet sind. Ob den einzelnen, spectrokopisch gut gekennzeichneten Floridinen, speciell dem kirschrothen Farbstoffe der *Reniëra purpurea* sich auch das von *Moseley* untersuchte Roth von *Poliopogon Amadou* anschließen wird, läßt sich den Angaben dieses Forschers nicht entnehmen.

Bei Protozoën wie Spongien erlaubt — abgesehen von den quantitativ differirenden Färbungen zwischen Rinden- und Marksubstanz (z. B. bei *Stelletta*, *Chondrosia*, *Tethya*) — außer der Farbstoffanalyse nur eine mikroskopische Prüfung die Sonderung einzelner, verschieden localisirter Pigmente. Bei den Anthozoën tritt das ungleichartige Colorit einzelner Theile aber schon in so hohem Maße hervor, daß hier eine anatomische Trennung der stark und verschieden tingirten Organe einer nachfolgenden Farbstoffanalyse wesentliche Dienste leisten kann; von diesem Vortheile haben allerdings nur wenige Forscher Gebrauch gemacht und wie bei den Protisten und Spongien auch bei den Actinien noch die gesammten Thiere der Extraction unterworfen.

Bei den Alcyonarien sind es bald verkalkte Axenskelete (Coralinen, Milithacaceen), bald die das Axenskelet überziehende, aus Körpern des Cönenchyms gebildete Kalkrinde (Gorgoniden), bald die Einzelthiere allein (Alcyoniden, Pennatuliden), welche durch eine stärkere Pigmentirung hervorstechen.

Schon *Trommsdorff* gab an, daß bei der Edelcoralle das feurige Roth nicht, wie viele vor und nach ihm angegeben haben, auf Eisenoxyl, sondern auf der Gegenwart eines in Terpentinöl, und wenn es dadurch aus der Kalkmasse erst einmal ausgezogen ist, auch in Alkohol und Aether, nicht aber in Kali löslichen Harzes beruhe. Meine diesbezüglichen Untersuchungen haben er-



geben, daß *Trommsdorff's* Ansicht insofern eine richtige ist, als der die Färbung bedingende Körper ein sog. Fettfarbstoff ist, der mit den Lipochromen das Verhalten zu conc. Schwefelsäure und starker Salpetersäure theilt, sich aber von diesen durch seine Resistenz den lipochromatischen Lösungsmitteln gegenüber und durch das uncharakteristische Spectralverhalten dieser Lösungen unterscheidet. Ich stelle denselben deshalb zu den Lipochromoiden, denen auch die gelben und rothen Pigmente im Axenskelete der Melithaeen sowie die dunkelvioletten in der Rindenschicht der Leptogorgien und die gelben, orangenen und rothen Rindenfarbstoffe anderer Gorgoniden zuzurechnen sind. Sämmtliche hier namhaft gemachten Pigmente färben sich mit conc. Schwefelsäure wie mit conc. Salpetersäure blau, und daß sie auch als Lipochrome einstmals vorgebildet waren, scheinen die Spuren von letzteren anzudeuten, welche man ziemlich regelmäßig findet, wenn man frische Gebilde untersucht. Es ist sehr merkwürdig, daß die Lipochrome nur ganz bestimmter Vorkommnisse (in pflanzlichen Gebilden, so viele ich deren auch untersuchte, nur in den Blütenblättern einiger Compositen, in Federn nur [aber hier bei fast allen Species] bei Papageien und außerdem noch in den Schalen der Mollusken) zu einer Umwandlung in diese unlöslichen und spectrokopisch schlecht markirten Producte (Lipochromoide und Melanoïde) incliniren. Die Meinung, daß es sich bei den Lipochromoiden vielleicht nur um Gemische von andersartigen Farbstoffen mit Lipochromen handelt, ist endgültig dadurch widerlegt, daß ich auch nach gründlicher Extraction der entkalkten und durch Pepsin wie Trypsin angesauten Gewebe mit den verschiedenartigsten lipochromatischen Lösungsmitteln an den gefärbten Rückständen noch immer die Schwefel- wie Salpetersäurereaction erhielt. Am überraschendsten war für mich dieses Resultat bei dem violetten Gorgonidenfarbstoffe, aber auch für diesen dürfte sich das Räthsel lösen, wenn man darauf ausgehen wird, die *Fauvelin'sche* Angabe<sup>62)</sup> näher zu verfolgen,

der gemäß bei einer rothen Madrepore ein durch Alkali violett werdendes rothes Pigment aufgefunden wurde. Der Analyse von *Witting*<sup>63)</sup>, welche für die käuflichen rothen Corallen einen Gehalt von 4,25 % Eisenoxyd angibt (über viermal mehr, als *Vogel*<sup>64)</sup> fand), werden erhebliche Fehlerquellen anhaften; zweifellos ist das Eisen bei der Färbung der rothen Edelcoralle weder direct noch indirect (als Bestandtheil des rothen Lipochromoïds, wie z. B. *Schloßberger* vermuthete) irgendwie betheiligt; denn in stark rothen Exemplaren traf ich nur so minimale Mengen von Eisen an, daß eine quantitative Bestimmung derselben gar nicht auszuführen war.

Die weichen, von zahlreichen Ernährungskanälen durchzogenen Achsencylinder der *Melithaea ochracea* und verwandter Species zeigen bald eine gleichmäßige zinnoberrothe oder ockergelbe, bald außen eine rothe und innen eine gelbe oder aber außen eine gelbe und innen eine rothe Färbung. Nur insofern scheint bei dieser Pigmentirung eine Uebereinstimmung zu herrschen, als sehr starke alte Stücke gewöhnlich gelb sind. Diese Farbenverschiedenheiten lassen sich nur durch die Annahme erklären, daß zwei Lipochromoïde (ein rothes und ein gelbes) in dem Achsen skelete der *Melithaea* vorkommen, von welchen das rothe, sei es durch Zersetzung oder daß es stellenweise überhaupt nicht abgelagert wird, bisweilen ausfällt.<sup>65)</sup>

Den blauen Farbstoff von *Heliopora caerulea* unterfuchte *Moseley*, und bei mehreren Zoantharien (*Flabellum variabile*, *Fungia hymmetrica*, *Stephanophyllia formosissima* etc.) wie auch bei einer *Cassiopeia* der Tiefsee fand derselbe ein in Wasser, Glycerin, Alkohol und Aether wie auch in starkem Ammoniak und Kalilauge unlösliches krapprothes Pigment, welches aber nach Behandlung mit starker Salz-, Salpeter- oder Schwefelsäure rothbraun gefärbte wässrige wie alkoholische Lösungen lieferte, die bei gewissen Lichtstellungen grün erschienen, also dichroitisch waren. Das Spectrum des genuinen festen Farbstoffes besaß drei

Abforptionsbänder von ziemlich gleicher Stärke; eins hinter C, ein zweites unmittelbar vor D und ein drittes vor E. Die Spectren der fauren Löfungen wiefen dagegen nur zwei Bänder auf, das eine dicht vor D und das andere zwischen D und E, näher an D; letzteres verbreiterte ſich bei zunehmender Concentration befonders nach E hin. Diefen Farbstoff nannte *Mofeley* Polypyrrhyn; es foll derfelbe durch Alkalien aus den fauren Löfungen in dunkelbraunen Flocken niedergeſchlagen werden und ſich dann ſpectroſkopisch wieder wie der natürliche Farbstoff verhalten. Indem ich in Betreff der unzureichenden Beobachtungen *Mofeley's* über die Farbstoffe einer *Adamsia* der Tiefſee und einer *Coenopsammia* von St. Vincent auf das Original ſelbſt verweiſe, ſei noch der Unterſuchungen dieſes Forſchers über das Actiniochrom gedacht. Es iſt dieſes der dunkelrothe Farbstoff von *Bunodes crassicornis*, den *Mac Munn* auch bei *Actinia mesembryanthemum*, *Uraster rubens* und in der Hypodermis von *Homarus vulgaris* angetroffen haben will. Ein Löfungsmittel für das Actiniochrom wurde nicht gefunden; es zeigt daſſelbe aber ein charakteriſtiſches Spectralband, ähnlich ſituirt wie das des reducirten Hämoglobins. Das Purpuridin des *Cerianthus membranaceus* löſt ſich in ammoniakaliſirten, kaum in faurem Waſſer und iſt in den lipochromatiſchen Löfungsmitteln ganz unlöslich; ſein ſpectroſkopisches Verhalten zeigt nichts, was zu ſeiner Erkennung beitragen könnte.

Aus *Anthea Cereus* var. *smaragdina* extrahiren ſich durch Alkohol mehrere Pigmente, von denen mindeſtens das Eine ausnehmend raſch Veränderungen unterliegt, welche an der, zwar ſehr unregelmäßigen Verlagerung der Abforptionsbänder ſpectroſkopisch leicht zu verfolgen ſind. Im ſchroffen Gegenſatze zu den wechſelvollen ſpectroſkopischen Bildern, welche die Auszüge der Tentakeln oder der ganzen Antheen darbieten, ſteht das ſpectroſkopisch übereinstimmende Verhalten der alkoholischen Extracte, welche aus den Entodermgebilden des Antheakörpers nach Abtrennung der Tenta-

keln gewonnen werden, und welches auf die Farbstoffe der fog. gelben Zellen zu beziehen sein wird.

Ueber die blauen, in Wasser löslichen, in den lipochromatischen Lösungsmitteln aber unlöslichen Farbstoffe der Medusen lauten die Angaben der einzelnen Unterfucher so übereinstimmend, daß anzunehmen ist, es handle sich sowohl bei *Velella* wie auch bei *Rhizostoma*, *Aurelia* und *Cyanea* um den gleichen Farbstoff, um Cyanein. Entgegen der Angabe *de Negrì's* wird zweifellos auch der blaue Farbstoff der *Velella* ein Bandenspectrum zeigen und die meine Beobachtungen bemeisternden und davon abweichenden Angaben *R. Blanchard's* beruhen nur darauf, daß dieser, der deutschen Sprache nicht hinreichend mächtig, meine Abhandlung stellenweise nicht verstanden und die Reagentien in einer andern Concentration als ich angewendet hat. Der gelbbraune Farbstoff der *Chrysaora* soll nach *Merczkowsky* in Wasser (vorzugsweise in siedendem) gleichfalls löslich sein, das Spectrum desselben nach *Mac Kendrick* aber keine Aborptionsbänder aufweisen.

Farbstoffe  
der  
Echino-  
dermen.

Von den Epidermoidalpigmenten der Echinodermen<sup>66)</sup> wurden untersucht das Comatulin (der rothe Farbstoff der *Comatula mediterranea*), das Antedonin, das purpurfarbene und das rothe Pentacrinin (Pigmente von Pentacrinusformen der Tiefsee), die Farbstoffe in der Haut von *Holothuria Poli*, verschiedener Astерiden und der kalkreichen Schalen und Stacheln von Echiniden.

Das Comatulin ist ein, in verdünntem Alkohol wie in Wasser leicht löslicher Körper, der aber von absolutem Alkohol, Aether, Chloroform nicht aufgenommen wird; am Lichte verwandelt es sich in braune und gelbe Materien, welche sich im Uebrigen von ihm wenig unterscheiden und in den gleichsinnig gefärbten *Comatula*-varietäten natürlich vorzukommen scheinen. Als Antedonin wurde von *Moseley* der Farbstoff einer dunkelpurpurfarbenen *Antedon-species* beschrieben, dessen alkoholische Lösung drei Aborptionsbänder (zwei dunkle zwischen D und E, ein schwächeres vor F)





im Spectrum aufweist, während reine Comatulidlösungen streifenfreie Spectren zeigen. Auf Salzsäurezusatz schlägt die rothe Farbe der alkoholischen Antedonidlösung in Orange um, und das Spectrum zeigt dann nur zwei scharfe Bänder (vor E und hinter b) und bei geeigneter Concentration außerdem einen weniger deutlichen Streifen dicht vor F. Beim Alkalifiren fällt der Farbstoff in purpurfarbigen Flocken aus der alkoholischen Lösung nieder; diesem sind zwei breite Bänder im Spectrum (eines vor D und ein zweites genau in der Mitte zwischen D und E) eigenthümlich. Das Antedonin traf *Moseley* auch bei einer Tiefseeholothurie des südlichen indischen Oceans an.

Das Spectrum der Lösung von *Moseley's* purpurfarbenen Pentacrinin in schwach angeäuertem Alkohol zeigt drei Absorptionsbänder, von denen die ersten beiden sehr ähnlich gelagert und unter einander ebenso verschieden an Stärke wie die Turacinbänder sind, das dritte schwächer ist und zwischen b und F liegt; letzteres Band gehört wahrscheinlich einem Rhodophane (*Moseley's* Red Pentacrinin) an, da dasselbe seine Lage nicht ändert, wenn auf Zusatz von Alkalien, welche die Flüssigkeit blaugrün und roth fluorescirend machen, die beiden anderen verschwinden und ein neuer Streifen zwischen a und B erscheint. Durch abwechselnden Säure- und Alkalizusatz läßt sich der Farbenwechsel an der alkoholischen Lösung eine beliebige Anzahl von Malen repetiren, und *Moseley* ist der Ansicht, daß die weißen, gelben und orangenen Pentacrinuspecies von den Ke-Islands, Panglao und den Signijor-Islands, welche Alkohol fastgrün färben und erst auf Säurezusatz Pentacrinin frei werden lassen, die alkalische Modification dieses Pigmentes enthalten. Dieser Deutung dürften die von mir klar gelegten Verhältnisse bei den Echinometriden sehr günstig sein.

In den dicken und großen Stacheln der *Acrocladien*<sup>67)</sup> finden sich meist zwei Pigmente, ein blauviolett und ein rothes. Wasser wie Alkohol, denen eine stärkere Säure zugesetzt wurde,

lösen beide Farbstoffe mit intensiver Chamoisfärbung auf, und nach Entfernung der freien Säure durch Dialyse oder durch Alkalizufatz fällt sämmtlicher Farbstoff in blauvioletten, nur minimale Spuren von Eifen enthaltenden Flocken aus. Es kann kein Zweifel darüber bestehen, daß die Acrocladien bald die saure rothe Modification dieses Pigmentes, bald dagegen die neutrale oder alkalische violette führen. Auch Kupfervitriol wie Gerbsäure fällen den Farbstoff aus der sauren Lösung, nicht aber Sublimat oder Alaun; Eisenchlorid bewirkt keine Reaction, conc. Salpetersäure bräunt nur die trockene Farbstoffsubstanz und conc. Schwefelsäure färbt sich damit prachtvoll kirschroth. Letztere Lösung, welche sich wochenlang unverändert hält, zeigt, spectrofokopisch untersucht, drei Absorptionsbänder (eins hinter D, ein zweites um E und ein drittes vor F), während die Spectren der sauren alkoholischen und wässrigen Lösung keine deutliche Streifen darbieten. Das Echinorubin und Echinin von *Merejkowsky* können aus allem Denkbaren bestehen; ihr Entdecker vermochte sie durch keine Reaction irgendwie scharf zu charakterisiren. Das Hoplacanthinin *Moseley's*, ein dunkelrothes, frisch in Alkohol lösliches, sich darin nach ca. 12 Stunden aber wieder auscheidendes Pigment aus einer unbestimmten Hoplacanthusart dürfte, seinem Spectralverhalten nach zu urtheilen, ein Lipochrom oder ein lipochromatisches Gemisch sein.

Durch das bei Holothuriern weit verbreitete braune Pigment wird in der Haut von *Holothuria Poli* ein Farbstoff verdeckt, der sich in Alkohol, Wasser und Glycerin mit gelber Farbe und grüner Fluorescenz leicht auflöst. Dieser Uranidin genannte Farbstoffkörper ist gerade deshalb von großem Interesse, weil er sich in unreinen Gewebsauszügen sehr rasch zersetzt, in reiner alkoholischer Lösung aber sehr beständig, weder licht- noch wärmeempfindlich zu nennen ist. Die Untersuchung dieses Farbstoffes hat die Kenntniß von den Uranidinen außerordentlich gefördert, und ich bedaure nur, an dieser Stelle nicht ausführlicher auf ihn eingehen zu



können; die für eine melanotische Verfärbung maßgebenden Factoren sind in der Tabelle auf S. 98 mitberücksichtigt worden.

Bei vielen Asteriden ist die äußere gelbe, orangene oder rothe Färbung eine rein lipochromatische. Bei *Astropecten aurantiacus* habe ich das Farbstoffgemisch der kalkigen Decke nach *Kühne's* Methode analysirt; ein chlorophanartiges Pigment (Orangin) wurde dabei der ausgefalzenen Seife durch Petroläther und Äther, ein Rhodophan derselben vollständiger erst durch Essigäther entzogen. Neben den Lipochromen wurde von mir in dem *Astropecten*panzer ein eigenthümlich blauer Farbstoff (Asterocyanin) angetroffen, der in Wasser mit tief blauvioletter Farbe löslich ist, dessen Spectrum zwei Absorptionsbänder (zwischen C und D wie hinter D) zeigt, und der durch Erwärmen auf 80° C. durch Alkohol wie Natronlauge in eine rothe Substanz verwandelt, durch Ammoniak wie Salzsäure aber nicht verändert wird. Bei *Urafter* fand ferner *Mac Munn* ein, nach eintägiger Digestion mit Natronlauge sich in dieser mit braunrother, in Alkohol mit gelber Farbe lösendes Pigment, dessen alkoholische Lösung sich bei alkalischer und saurer Reaction wie Hämatoporphyrin verhielt.

In der Perivisceralflüssigkeit, der Schale und den Ovarien von *Echinus (esculentus?)* soll sich nach *Mac Munn* ein anderer brauner Farbstoff (Echinochrom) finden, der sich durch ein breites Band vor E auszeichnet; in der Perivisceralflüssigkeit ist derselbe gelöst; und auf Zusatz von Schwefelammonium soll das Absorptionsband noch deutlicher hervortreten. Zumal auf Zusatz dieses Reagens in der Flüssigkeit ein Niederschlag entsteht, vermag ich der Ansicht dieses Forschers nicht beizustimmen, daß hierdurch ein Reductionsproduct geschaffen wird, sondern halte es für wahrscheinlicher, daß durch das Schwefelammonium Verunreinigungen entfernt werden und in Folge dessen das Band bei einer stärkeren Schichtendicke als in der anfänglichen Lösung noch zu sehen ist und deshalb auch vertiefter erscheinen kann. Der Versuch *Mac*

*Mum's* ist also nicht geeignet, die Ansicht von *Geddes* experimentell zu stützen, daß es sich bei den amöboïden, acajou-braunen hämolymphatischen Körperchen der Echiniden und einiger Holothuriden um einen Respirationsstoff handelt, der im desoxydirtten Zustande grün gefärbt ist.

Im Inhalte des Wassergefäßsystemes gewisser Holothurienformen (z. B. *Cucumaria doliolum*) findet man nicht selten einen roth gefärbten Bodensatz, dessen Färbung von einem Pigmente herrührt, das dem Helicorubin in mancher Beziehung gleicht; eine derartige Substanz wurde vielleicht auch von *Foettinger* bei *Ophiactis virens* gesehen und ohne jeden triftigen Grund für Hämoglobin erklärt.

Die Leberpigmente der Asteriden erinnern sehr an die vieler Arthropoden und Mollusken; sie bestehen in Lipochromen oder in einem durch Alkohol leicht lösbaren Farbstoffe, einem sog. Hepatochrome, das durch siedende Natronlauge zersetzt wird und dessen Spectrum ein Absorptionsband nahe der C-Linie aufweist. Der Darm einiger Seeigel (z. B. *Sphaerechinus granularis*) führt reichliche Mengen chlorophanartiger Lipochrome, und die rothen Ovarien von *Holothuria Poli* färbt ein ziemlich reines Rhodophan.

Farbstoffe  
der  
Ascidien.

Unter den Ascidien<sup>68)</sup> herrscht eine große Farbenmannigfaltigkeit. Man trifft oft an ein und demselben Fundorte blaue, violette, gelbe, gelbgrüne, orangefarbige, schwarze, gelb- und rothbraune Species. Der violette Farbstoff der mittelländischen *Botryllus*-arten scheint nur im festen Zustande als solcher bestehen zu können, da denselben alle als Lösungsmittel auf ihn einwirkenden Reagentien bräunlich färben, Säuren das Violett aber regeneriren. Bei den zwischen gelb und roth variirenden *Cynthien* und *Didemnen* sind es meist Lipochrome (Chlorophane und Rhodophane), welche die Färbungen bedingen; bei einigen Ascidien (z. B. bei *Ascidia fumigata* und *A. mentula*) ist es ein gelbes Uranidin, das die Lymphe wie die inneren Organe bei Berührung mit der

Luft dunkelbraun werden läßt (vgl. Tabelle auf S. 98), und von dem das Pigment in den schwarzen Mantelfellen der *Ascidia fumigata* vielleicht nur ein Umwandlungsproduct darstellt.

Von Bryozoën<sup>69)</sup> wurde nur *Bugula neritina* einer eingehenden Farbstoffanalyse unterworfen. In dieser Bryozoö sind mindestens zwei verschiedene Farbstoffe vorhanden: Einer (Bugulapurpur), welcher sich mit rosa oder purpurrother Farbe in Glycerin und Wasser löst (vgl. Tabelle auf S. 98) und ein (chlorophanartiges Pigment) oder mehrere (Hepatochrom etc.) andere, welche in Glycerin, Wasser und Benzol wenig oder unlöslich sind, dagegen in Alkohol, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Terpentinöl etc. mehr oder weniger leicht übergehen und diese Flüssigkeiten alsdann gelbgrün, gelb oder bräunlich färben.

Die Hautfärbungen bei den Würmern<sup>70)</sup> sind gewöhnlich keine sehr hervorstechende. Die Epidermis ist bei vielen durchsichtig (irritirt auch wohl in Folge ihrer feinen Canellirung), und die bisweilen kräftigen Färbungen innerlich gelagerter Organe sind alsdann durch die Haut hindurch sichtbar. Bei einigen Arten, wo die Hautpigmentirung eine intensivere ist (z. B. bei *Hirudo medicinalis* [cf. S. 100], *Spirographis Spallanzanii*), hat man die derselben zu Grunde liegenden Farbstoffe zu extrahiren und durch Reactionen zu charakterisiren versucht; wichtigere Aufschlüsse sind durch diese Bestrebungen jedoch nicht erreicht.

Bei Paramatta in New South Wales beobachtete *Moseley* zwei große *Rynchodemus*species, von denen die eine blau, die andere roth war. Das blaue Pigment der ersteren Art war in Alkohol unlöslich, wurde durch Säuren roth und durch Alkalien abermals blau, während der rothe Farbstoff der zweiten Art nicht in einen blauen Körper zu verwandeln war und wahrscheinlich ein rhodophanartiges Pigment gewesen ist. Bemerkenswerth ist von den Hautfarbstoffen bei den Würmern eigentlich nur das grüne Pigment der *Bonellia viridis*, welches lange für echtes Chlorophyll-

Farbstoffe  
der  
Bryozoën.

Farbstoffe  
der  
Würmer.

grün gegolten hat, von dem jedoch jetzt feststeht, daß es eine ganz eigenartige Substanz (Bonellein) ist, die auch bei anderen grün gefärbten Würmern (z. B. *Eulalia vilifer*, *Thalassema*) noch nicht sicher nachgewiesen werden konnte.

Das Bonellein löst sich in Alkohol, Aether, Amylalkohol, Glycerin, Benzol, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Terpentin- und Olivenöl, auch in Wasser ist der Farbstoff nicht ganz unlöslich. Die Spectren dieser sämtlichen Lösungen weisen sechs Absorptionsstreifen auf, und nur die Schwefelkohlenstofflösung, die auch nicht oder nur sehr schwach zu fluoresciren scheint, zeigt die Streifen anders gelagert (und zwar alle etwas mehr nach dem Roth verschoben) als die übrigen Lösungen. Aus der gleichmäßigen Verschiebung sämtlicher Bänder folgt unter anderem, daß das Bonellein ein einheitlicher Körper ist, was andererseits auch sein Verhalten gegen Säuren zur annähernden Gewißheit werden läßt. Starke Säuren verwandeln das Bonellein in Bonellidin, welches violette, ebenfalls roth fluorescirende Lösungen mit fünfzügigem Spectrum liefert, und conc. Schwefelsäure verändert es weiterhin in das, sich mit blauer Farbe und ohne Fluorescenz in der Säure lösende Acidobonellein, dessen Spectrum nur durch drei Absorptionsbänder gekennzeichnet ist. Durch Neutralisiren wird sowohl aus dem Bonellidin wie auch aus dem Acidobonellein der Bonelliafarbstoff in unveränderter Form zurückerhalten; nur das gelbe Product, das aus diesem durch Chlor oder heiße Salpetersäure hervorgeht, ist keiner Rückverwandlung in Bonellein fähig. Durch Einleiten von Schwefelwasserstoff oder Kohlenensäure, auf Zusatz von Schwefelammonium erfährt das Bonellein keine Veränderung, und schweflige Säure verwandelt es nur in Bonellidin. Das Bonellein erwies sich als stickstoffhaltig, aber als schwefelfrei; es enthielt nur höchst geringe Spuren von Eisen, etwas mehr Mangan und kein Kupfer.

Ein anderes grünes Pigment, das Chlorochromin, fand sich in den Ovarien von *Siphonostoma diplochaetos*. Bei Behandlung

mit verschiedenen Reagentien liefert dieser Farbstoff sehr abweichend und mannigfach gefärbte Flüssigkeiten. So erhält man durch kaltes wie warmes Wasser blaugrüne Auszüge, welche unter sich spectroskopisch ganz different sind. Chloroform färbt sich gelb, Alkohol gelb (Uranochromin) resp. grasgrün. Auf Zusatz von Essigsäure schlägt die Farbe der wässrigen Lösung in ein reines Blau (Cyanochromin) um, das durch conc. Schwefelsäure in violett übergeht, während der gelbe, grün fluorescierende alkoholische Auszug sich beim Anfäuern mit Essigsäure rothbraun, mit conc. Schwefelsäure kirschroth färbt. In einer besonderen Abhandlung<sup>71)</sup> ist von mir das typische Spectralverhalten dieser Farbstofflösungen ausführlicher erörtert.

Chlorophane und Rhodophane tragen auch bei Würmern in manchen Fällen viel zu einer lebhaften Pigmentirung bei. — In der Hämolymphe wurde bei einigen Species Hämoglobin, bei anderen Hämythrin angetroffen, und der grüne Ernährungsast der Sabeln, aller Wahrscheinlichkeit nach auch der Inhalt der grünen Drüse von Siphonostoma, enthält einen sehr beständigen grünen Farbstoffkörper, dessen Lösungen schön roth fluoresciren, das Chlorocruorin; Hämoecyanin scheint im Würmertypus durchgängig zu fehlen.

Die Pigmentirung bietet bei den beiden, in dieser Hinsicht besser untersuchten Arthropodenclassen (Insecten und Crustaceen) so erhebliche Abweichungen dar, daß es sich empfiehlt, jede gesondert zu betrachten. Bei der Oberflächenfärbung der Insecten spielen die Structurfarben, deren Zustandekommen bei den Coleopteren aber leider noch immer nicht Gegenstand einer wissenschaftlichen Untersuchung gewesen ist, eine wichtige Rolle, bei den Crustaceen beruhen die Färbungen mit wenigen Ausnahmen auf der Gegenwart chemisch isolirbarer Körper, auf Farbstoffen, vorzugsweise auf Lipochromen. Die Färbungen der Kruster zeigen in vielen Punkten Uebereinstimmung mit denen der Mollusken, wes-

halb wir zuerst die Insecten betrachten und die Crustaceen den Mollusken direct vorausgehen lassen.

Farbstoffe  
der  
Insecten.

Die gelben bis rothen Farbstoffe in den Calyptren der Coccidionellen, wahrscheinlich auch die mehrerer anderen roth gefärbten Käfer (Elateriden, *Cerambyx Köhleri* u. f. w.), die sich im frischen Zustande durch Alkohol, Aether etc. extrahiren lassen, gehören, wie das Eintreten der Schwefel- und Salpeterfäure-reaction, die Lösungsverhältnisse bekunden, der Lipochromgruppe an. Mittelft der Verseifungsmethode wurden diese Farbstoffe noch nicht analysirt, in den Spectren der orange bis roth gefärbten alkoholischen Auszüge von *Chrysomela populi* vermochte ich von Lipochrombändern nichts zu entdecken, und bei längerer Aufbewahrung der eingetrockneten Gewebe nehmen die Pigmente einen lipochromoiden Charakter an, wodurch es sich zugleich erklärt, daß ich über ihre Natur früher in Zweifel bleiben konnte<sup>72)</sup>.

Eingehendere Versuchsreihen liegen nur über die Farbstoffe der Cocciden und Aphiden<sup>73)</sup> vor, von denen der Eine, die Carminsäure, durch mehrere neuere Arbeiten besser bekannt, dessen chemische Constitutionsformel aber auch noch keineswegs endgültig festgestellt worden ist. Die getrockneten Weibchen von *Coccus cacti* enthalten von dieser Säure 26—50%: ein, in der thierischen Organisation wohl einzig dastehender Fall, daß ein so beträchtliches Quantum der gesammten thierischen Trockensubstanz in einem Farbstoffe aufgespeichert wird. Diese Thatfache dürfte auch wohl nur dadurch verständlich werden, daß die Carminsäure für die Cocciden einen Reservestoff nach Art des Glykogens oder der Glykose darstellt, was ihr Zerfall beim Kochen mit verdünnten Säuren in einen unvergärbaren, optisch inactiven Zucker ( $C_6H_{10}O_5$ ) und in Carminroth ( $C_{11}H_{12}O_7$ ) andeuten dürfte.

Die Carminsäure ( $C_{17}H_{18}O_{10}$ ) scheint im Thierreiche auf Cocciden und Aphiden im Vorkommen beschränkt zu sein; aber bei einer Labiate des Alleghaniegebirges, bei *Monarda didyma*,

will *Belhomme* sie gleichfalls gefunden haben. Seit lange bei *Coccus cacti* bekannt, wurde das Carmin von *Sorby* bei Aphiden, welche von den Rinden der Apfelbäume gesammelt waren, und von mir bei *Coccus ilicis* und *C. polonicus* nachgewiesen; im letztern Falle rein dargestellt, in Carminroth übergeführt, die Lösungen wie die der Spaltungsproducte mit denen der Carminsäure aus *Coccus cacti* spectrokopisch genau verglichen und in allen Punkten damit identisch befunden. Die freie Säure krystallisirt, löst sich in Alkohol und Wasser, schwer in Äther und liefert meist roth gefärbte Salze. Alle durch Säuren aus dem Carmin entstehenden Derivate haben saure Eigenschaften. Durch kochende Salpetersäure entsteht daraus die in großen silberglänzenden Platten krystallisirende Nitrococcusäure ( $C_7H_3[NO_2]_3OH.CO.OH$ ), welche mit Wasser auf  $180^\circ C.$  erhitzt, sich weiterhin in Kohlenäure und Trinitrokrefol ( $C_6H[CH_3][NO_2]_3OH$ ) spaltet. Erhitzen mit conc. Schwefelsäure verwandelt die Carminsäure unter Entwicklung von Kohlenäure und von schwefliger Säure in Rufiococcin ( $C_{16}H_{10}O_6$ ), schmelzendes Kali in gelbes Coccinin ( $C_{14}H_{12}O_5$ ).

Die übrigen Farbstoffe der Aphiden sind von *Sorby* wie von *Mac Munn* untersucht; mir hat sich bisher leider nie Gelegenheit zu einer Nachuntersuchung geboten, und ich theile deshalb einige Ergebnisse aus den Arbeiten jener beiden Forscher mit, obschon die von diesen in Anwendung gebrachten Methoden zur Trennung der einzelnen Pigmente als unzweckmäßige bezeichnet werden müssen, und deshalb Farbstoffgemische auch für reine Farbstoffkörper gehalten und mit eigenen Namen belegt worden sind.

Verfetzte *Sorby* den carmesinrothen Heißwasserauszug seiner Aphiden mit Eisenvitriol und Schwefelammonium, so nahm derselbe eine blasse Fleischfarbe an und, falls ein wenig Ammoniak im Ueberfluß zugefetzt wurde, entfärbte sich die Lösung fast vollständig. Beim Stehen an der Luft kehrte die ursprüngliche Farbe zurück, von der Oberfläche nach dem Grunde zu fortschreitend.

An dem fauer gemachten Auszuge war keine Farbenveränderung durch das Eisensalz zu erzielen. Es existirt der betreffende Farbstoff (Aphidein), so schließt *Sorby*, ebenso wie das Hämoglobin in einer oxydirten und in einer desoxydirten Form (in beiden Fällen bei alkalischer Reaction der Lösung) und wird für Aphis jedenfalls eine ähnliche respiratorische Bedeutung haben wie das Hämoglobin bei anderen Thieren. *Mac Munn* erhielt aus Aphiden, welche er auf *Physalis Alkekengi* («Morella cherry») gefunden hatte, ebenfalls einen Aphidein-haltigen Auszug, dessen spectroskopisches Verhalten sich auch durch Schwefelammonium änderte; von einer gelungenen Rückverwandlung in den oxydirten Zustand wird von ihm aber nichts berichtet. Zweifellos ist *Sorby's* Aphidein ein Farbstoffgemisch und die von ihm als Umwandlungsproducte desselben betrachteten und als Aphidilutein, Aphidiluteolin und Aphidirhodein bezeichneten Pigmente sind z. Th. Lipochrome oder auch wohl unreine Carminsäure, welche in reinem, freien Zustande und in alkoholischer Lösung von wässrigem Carminammoniak spectroskopisch sehr unerheblich abweicht, während saure Carminlösungen sehr bald ganz anders gelagerte Spectralbänder aufweisen.

Nur die Chironomuslarven wurden von allen, darauf untersuchten Insecten als hämoglobinhaltig erkannt; die Angabe *Mac Munn's*, daß bei *Musca domestica* dieser Stoff sich ebenfalls finde, kann auf keiner exacten Prüfung basiren, denn ich habe mich wiederholt überzeugt und über diese Versuche bereits früher berichtet <sup>74)</sup>, daß der rothe Farbstoff in den Fliegenköpfen weder Hämoglobin noch ein Lipochrom ist, sondern seinen Eigenschaften nach am nächsten dem Stäbchenpurpur der Cephalopoden steht.

*Landois* wie *Graber* hatten in ihren morphologischen Arbeiten schon vor mehreren Jahren die Färbungen der Insectenlymphe <sup>75)</sup> besprochen, das Zustandekommen der eigenthümlichen Melanose, welche dieselbe bei den meisten Coleopteren und Lepidopteren zeigt, wurde aber erst vor Kurzem durch *Fredericq* aufgeklärt. Dieser



Vorgang beruht wie bei *Aplysina*, *Ascidia fumigata* und *Aethalium septicum* auf der Anwesenheit eines Uranidines und ist in der Insectenlymphe gerade dadurch so merkwürdig, daß durch eine, nur kurze Zeit unterhaltene Erwärmung auf ca.  $55^{\circ}$  C. die Oxydation und somit auch die melanotische Verfärbung inhibirt wird. Eine vergleichende Untersuchung der Lymphfarbstoffe bei verschiedenartigen Käfern und Saturnidenchrysaliden hat mir ergeben, daß das gelbe Uranidin keine charakteristischen Spectralbänder besitzt, daß sich daneben aber meist noch andere Farbstoffe finden, welche für die einzelnen Species eine große Constanz besitzen und spectrokopisch gut gekennzeichnet sind. So findet sich in der bräunlichgelben Lymphe von *Saturnia Pernyi*, *Callosamia Promethea* und *Telea Polyphemus* ein, nach der Verseifung der ausgefalzenen Seife leicht durch Äther, unvollständig oder gar nicht durch Petroläther zu entziehendes, chlorophanartiges Lipochrom und in der gelbgrünen von *Saturnia Pyri* wie von *Platysamia Cecropia* neben diesem Pigmente noch ein anderes, dessen Spectrum ein breites Band um D zeigt, das aber sowohl auf Essigsäure- oder Ammoniakzusatz wie auch nach längerem Erwärmen der Lymphe auf  $66^{\circ}$  C. schwindet. Dasselbe Lipochrom, welches sich bei den Puppen in der Lymphe findet, pflegt auch dem Fettkörper ein gelbes oder grünliches Colorit zu geben.

Dem Hämocyanin, einem meist kupfer-, bisweilen aber auch eisenhaltigen Albuminate, das beim Kochen wie durch Alkohol coagulirt, bei Sauerstoffentziehung in ein farbloses Chromogen (Hämocyanogen) übergeht, aus dem es durch Sauerstoffzufuhr zu regeneriren ist, begegnen wir bei den Krebsen <sup>76)</sup> zum ersten Male. Es ist nicht zu bezweifeln, daß dieses für das Respirationsgeschäft ebenso wie das bei einigen Krebsen (*Daphnia*, *Lernanthropus* etc.) sich findende Hämoglobin von Nutzen sein kann; ob aber auch noch andere, in ähnlicher Weise als Sauerstoffüberträger fungirende rothe Pigmente bei Krebsen vorkommen, ist nach

Farbstoffe  
der  
Cruftaceen.

meinen Beobachtungen wahrscheinlich, jedoch keineswegs entchieden.

Wesentlich verschieden von dem Hämocyanin erweist sich das so leicht zersetzbare Cyanokrytallin, welches sich krytallisirt in der Hypodermis sehr vieler Kruster findet. Unrichtig ist die Vermuthung *Merejkowsky's*, dieser Farbstoff sei eine mit dem Veilellablauf identische Substanz; denn ich habe schon früher nachgewiesen, daß das Cyanokrytallin (sowohl von *Astacus* wie von *Homarus*) weder in reinem Wasser, noch in Salzlösungen verschiedenster Concentration auf irgend eine Weise zu lösen ist.

Was sonst von Crustaceenpigmenten genauer bekannt geworden ist, betrifft nur die lipochromatischen Farbstoffe, welche hier sehr verbreitet sind und durch die Verseifungsmethode aus dem alkoholischen Auszuge der Ovarien von *Maja squinado* wiederholt isolirt sind. Das Crustaceorubrin *Moseley's*, das Vitellorubin *Maly's* sind lediglich andere Bezeichnungen für *Kühne's* Rhodophan. Die grünen Crustaceenfarbstoffe sind gewöhnlich (z. B. bei *Virbius*) ebenso leicht durch Lösungsmittel zersetzbar als die der Insecten (z. B. von *Locusta*); doch treten bei einigen Krebsen grüne Farbtöne auf, die sich gegen Alkohol äußerst resistent verhalten (z. B. bei *Palinurus argus* und *P. spongipes*) und ebenso violette (z. B. bei *Gonodactylus chiragra* und auch bei *Palinurus argus*); beide sind noch nicht Gegenstand einer genaueren Untersuchung gewesen. Indem ich bei Besprechung der Crustaceen schließlich noch auf die spectrokopischen Untersuchungen der Leberpigmente aufmerksam gemacht haben möchte, weise ich zugleich die seltsame Vermuthung *Mac Munn's*, daß der Farbstoff der grünen Drüse reducirtes Hämoglobin sein könne<sup>77</sup>), auf Grund meiner Versuche als unrichtig zurück.

Farbstoffe  
der  
Mollusken.

Die allgemeine Uebereinstimmung in den Stoffmetamorphosen bei Crustaceen und Mollusken<sup>78</sup>) documentirt sich in Bezug auf die bei beiden Classen gebildeten Pigmente: 1) in den Farbstoffen

der Hämolymphe (Hämocyanin, Hämoglobin), 2) in denen der Leber (Hepatochrome, Lipochrome) wie einiger anderen Drüsen z. B. der Ovarien (Lipochrome) und 3) in denen der äußeren Haut (Lipochrome). Nur bei verhältnißmäßig wenigen Mollusken-species zeigen die Gallen- resp. die Hautfarbstoffe specifische Eigenthümlichkeiten. So findet sich in der Galle von *Helix*, *Limax*, *Zonites*, *Cyclostoma* und *Unio tumidus* ein rother, in Wasser löslicher, in den lipochromatischen Lösungsmitteln aber unlöslicher und, wie sich den Beobachtungen von *Hazay* entnehmen läßt, «in scharfspitzigen Rhombusformen» krySTALLISIRENDER Farbstoff, das *Helicorubin* (vgl. S. 99). Dieses wurde, ebenso wie gewisse Hautpigmente von *Arion ater* und *Limax variegatus* in unmittelbare Beziehung mit dem Hämoglobin gebracht (vgl. S. 100), aber, wie ich bereits andeutete, ohne genügende Gründe. *K. B. Hofmann* berichtet, daß im Mantel von *Arion ater* ein in Säuren mit prächtig violetter Farbe lösliches, in Weingeist unlösliches Pigment vorhanden sei, und einige weitere Angaben über das Verhalten dieses und der Hautfarbstoffe von *Limax flavus* finden sich bei *Mac Munn*.

Eigen ist den Mollusken eine Fülle von Farbstoffen in besonderen Hautsecreten, welche theils zur Vertheidigung entandt, theils zur Färbung der Gehäuse verwendet werden. So bildet sich, wie wir bereits sahen (S. 91), bei Cephalopoden ein melaninartiger Körper, der in dem Secrete des Tintensackes ausgestoßen wird, bei *Aplysia* ein purpurfarbiges, bei *Purpura patula* ein grünes Pigment, bei Muriciden ein am Lichte veränderliches Chromogen; Cerithien secerniren eine gelbe Flüssigkeit, die an der Luft grasgrün wird, und *Scalaria clathrus* einen Purpursaft, der durch Alkalien nicht verändert, durch Mineralsäuren blaugrün und durch Licht nur langsam gebleicht wird. Die von *Planorbis corneus* auf Reizung entleerte Flüssigkeit ist aber bekanntlich kein Drüsensecret, sondern hämoglobinhaltige Hämolymphe, und ebenso wird der himmelblaue Saft, welchen nach *Philippi's* Angabe *Tritonium*

nodiferum vor dem Tode entleeren soll, die hämocyantinhaltige Hämolymphe dieses Thieres fein.

Einige Reactionen und das spectroskopische Verhalten des Janthinins, des blauen Farbstoffes in dem Secrete, welches gewisse Janthinasppecies am Rande und der Oberfläche des Mantels absondern, sind (speciell von nordatlantischen Formen) durch *Moseley* bekannt geworden. Das Janthinin löst sich in Weingeist wie Aether mit blaß violetter Farbe, rother Fluorescenz (ähnlich also dem Aesculin) und zeigt drei Absorptionsbänder im Spectrum (ein tief dunkles um D und zwei schwache vor E und vor F). Daselbe Spectralverhalten besitzt die mit tief violetter Farbe in Glycerin gelöste Farbsubstanz. Salzsäure verwandelt die Farbe der alkoholischen Lösung in ein reines, lichtes Blau mit nur einem Spectralbande um D. In angeäuertem Aether löst sich das Janthinin mit prachtvoll tief blauer Farbe; diese Lösung fluorescirt nicht, und ihr Spectrum ist ohne Absorptionsstreifen. Die Janthininlösungen waren wenig haltbar; nach 1 bis 2 Wochen fand *Moseley* sämmtliche zersetzt.

Was speciell die Färbungen der Gehäuse bei den Mollusken anbelangt, so ist die Zahl der dabei in Anwendung gebrachten Farbstoffe eine ausnehmend große. Wir finden hier:

1. Farbstoffe mit allen Eigenschaften der Lipochrome (z. B. bei *Littorina* und gelben *Pecten*varietäten).

2. Lipochromöide und Melanoïde, welche die Gehäuse der Muriciden, Coniden und vieler anderen Gastropoden (z. B. *Cassis*, *Mitra*, *Strombus*, *Cypraea*, *Turbinella*) wie zahlreicher Lamellibranchiaten (z. B. *Pecten*) von dem zartesten Rosa, durch Gelb, Orange, Roth und Braun hindurch bis zum tiefen Braunschwarz (z. B. bei *Murex radix*, *Conus marmoreus*, *Turbinella rinoceros*) variiren lassen. Wie viel die Structur und wie viel nur vorhandene Spuren eines Lipochromöides, z. B. eines rothen bei dem leichten Rosaanfluge an der inneren Schalenfläche von

*Strombus gigas*, *Murex bicolor* und *Delphinula laciniata* beitragen, wird sich allerdings nur durch fortlaufende Schnittserien der Schalenstücke entscheiden lassen.

3. Biliverdin bei Haliotiden (z. B. *Haliotis Cracherodi*) und Trochiden (z. B. *Turbo margaritaceus*, *T. concinnus*, *T. disjunctus*, *Trochus pyramis*, *Tr. olivaceus*).

4. Turbobrunin, ein in angeäuertem Alkohol wie in angeäuertem Wasser leicht lösliches, eisenfreies oder nur Spuren von Eisen enthaltendes rothes Pigment, das beim Neutralisiren seiner Lösung in braunrothen Flocken ausfällt und bei längerer Berührung oder beim Kochen mit sauren Flüssigkeiten in Biliverdin übergeht, unvermischt mit diesem die *Gmelin'sche* Gallenfarbstoffreaction aber nicht zeigt. Das Turbobrunin scheint auf die Haliotiden (*Haliotis rufusens*) und die Gattung *Turbo* (*T. sarmaticus*, *T. rugosus*) beschränkt zu sein.

5. Bei *Helix nemoralis* ein intensiv gelber, in kaltem Alkohol leicht löslicher, in Wasser, Aether, Chloroform u. dgl. m. aber unlöslicher Farbstoff, der sich beim Erwärmen seiner Lösung auf etwa 90° C., ähnlich den Uranidinen bräunt, und dessen Spectrum frei von Absorptionsbändern ist; seine alkoholische Lösung ist sehr lichtempfindlich.

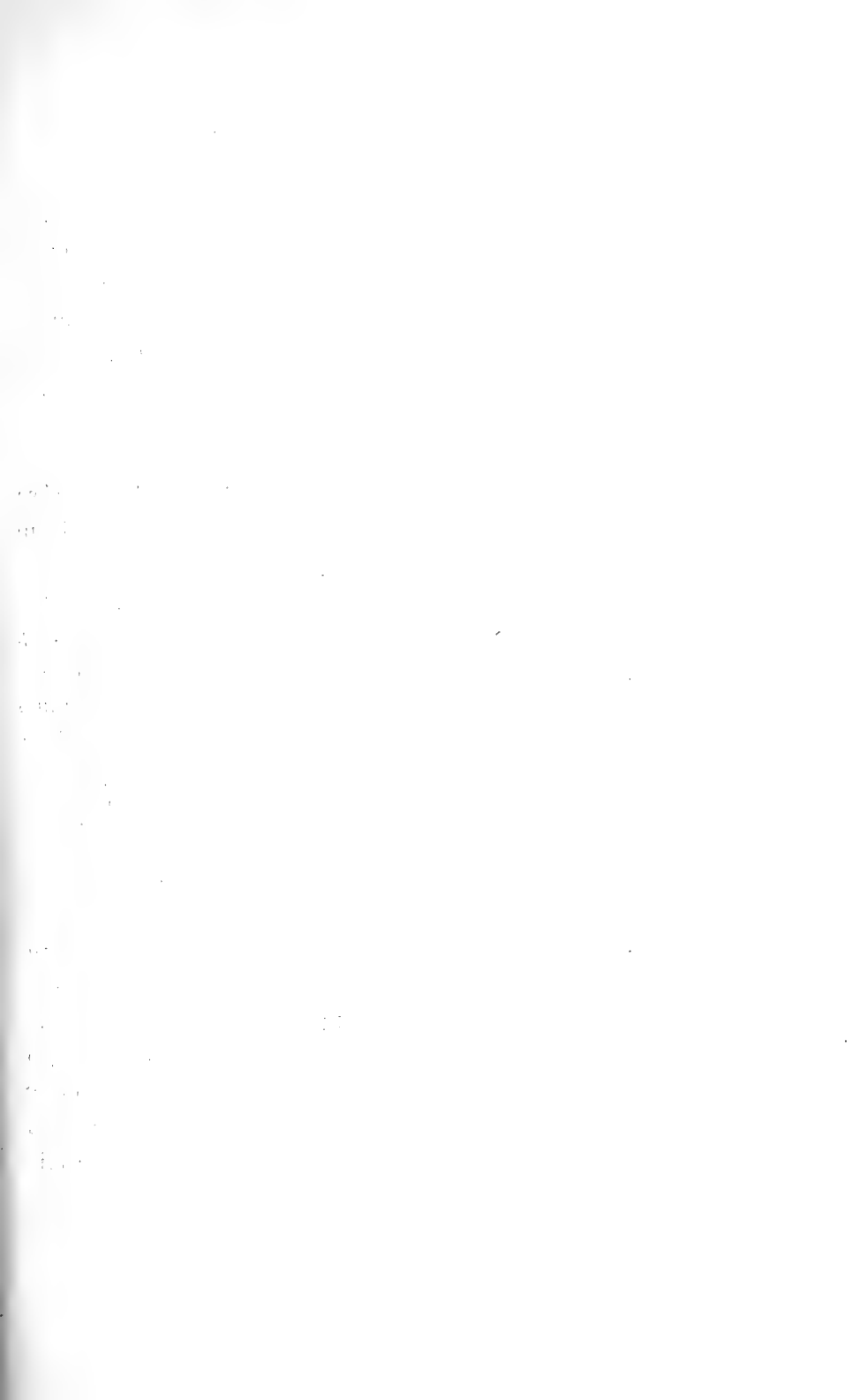
6. Ein purpurviolettes, eisenreiches Pigment, vorkommend bei Gastropoden (*Trochus rota*, *Tr. erythraeus*) wie Acephalen (*Placuna sella*, *Perna isognomum*), das im unveränderten Zustande ein breites Absorptionsband zwischen b und F aufweist, beim Lösen in saurem Alkohol oder Wasser aber leicht in andere, spectrokopisch gut gekennzeichnete Farbstoffe umgewandelt wird. Der Farbstoff und die durch keine tiefgreifendere Umfetzung aus ihm hervorgegangenen Derivate sind in Chloroform wie Aether unlöslich. Die sauren wässrigen Lösungen erfahren beim Kochen keine spectrokopische Veränderung, werden durch Alkalien gefällt, nicht aber durch Sublimat, Alaun oder Gerbsäure; sie geben fernerhin weder

mit roher, starker Salpeterfäure oder conc. Schwefelfäure, noch mit Eifenchlorid oder Kupfervitriol charakteristische Reactionen und ändern sich selbst nach tagelanger Belichtung nicht.

7. Bei *Trochus pica* einen schwarzen, in dünnen Schichten blaugrünen Farbstoff, dessen Spectrum drei Absorptionsbänder (eins vor D, ein zweites in der Mitte von D und E und ein drittes zwischen b und F) aufweist. Derselbe wird im trockenen Zustande von conc. Schwefelfäure lange intact gelassen, durch rohe Salpeterfäure gelb gefärbt und von Natronlauge gar nicht, von salzfäurehaltigem Wasser nur schwer in Lösung übergeführt; in verdünnter Salpeterfäure löst er sich dagegen mit blauvioletter Farbe, und die Lösung, welche zwei Spectralbänder (eins hinter D, ein anderes zwischen D und E) zeigt, hält sich wochenlang unverändert. Die Farbe der blauen Lösung des Pigmentes in Königswasser geht rasch in ein unansehnliches Violettroth und später in ein bräunliches Gelb über. Nach Entfernung der freien Säure durch Dialyse oder durch Ueberfättigen mit Ammoniak wird der Farbstoff aus seinen Lösungen in dunkelindigblauen Flocken unverändert ausgefällt.

Neben einem gelbgrünen, den entkalkten Schalenhäuten bislang nicht zu entziehenden Farbstoffe findet sich bei *Neriten* ein dem oben besprochenen Pigmente ähnlicher, in dünnen Lagen violettblau, in dickeren schwarz erscheinender, aber weit widerstandsfähiger Körper, der durch Salpeterfäure ebenfalls reiner violett gefärbt, jedoch weder durch diese Säure direct gelöst, noch dadurch für Ammoniak lösbar gemacht wird.

8. Ein tief indigblaues Pigment bei *Trochiden*, welches sich auch durch seine Resistenz gegen Säuren, Alkalien und lipochromatische Lösungsmittel dem Indigblau in seinen Eigenschaften nähert; aber weder Salpeterfäure noch conc. Schwefelfäure üben auf den trockenen Farbstoff einen auffälligeren Einfluß aus, und auch Alkalien lösen ihn nicht nach vorausgegangener Behandlung mit starker Salpeterfäure.







9. Bei verschiedenen Species der Gattung *Melania* ein dunkelbraunes, in Aether wie Chloroform unlösliches, in salzfäurehaltiges Wasser und Weingeist mit einer, bald in's Gelbe umschlagenden Gummiguttfärbung übergehendes Pigment ohne charakteristisches Spectralverhalten und durch Ammoniak aus der sauren Lösung in braunen Flocken zu fällen. Durch conc. Schwefelsäure wie durch conc. Salpetersäure wird der Farbstoff gebleicht, nicht blau gefärbt wie die Lipochrome.

10. Undefinirbare braune (z. B. bei *Lithodomus lithophagus*) und grüne (bei *Ampullaria* und *Achatina*) Farbstoffe, welche nicht die Lipochromreactionen geben und bislang auch nicht in Lösung zu bringen waren.

Um die Ueberzeugung zu befestigen, daß noch manches Wissenswerthe über die Schalenfärbungen der Mollusken unaufgeklärt, ja ganz ununtersucht gelassen werden mußte, erinnere ich kurz an das intensive Blau der *Mytilus*schalen (vgl. S. 115) und das tiefe Himmelblau der Chryfoten, an die braunen durchsichtigen Stellen in den Schalen von *Orthostylus nimbosus* und verwandter Species, welche (im durchfallenden Lichte betrachtet) von dem opaken Weiß so auffällig abstechen, an die grünen Farben bei *Cochlodryas florida* und *Helicostyla orbitula*<sup>79)</sup>.

Es erübrigt noch, des Stäbchenpurpurs der Cephalopoden zu gedenken. Der Stäbchenpurpur (speciell von *Sepiola Rondeletii*) unterscheidet sich vom Sehpurpur allein schon durch seine Persistenz gegen Licht. Es löst sich derselbe in Ammoniak; durch verdünnte Säuren, Kupfervitriol- wie Bleiacetatlösungen wird der Stäbchenpurpur zerstört, während er sich in Kochsalzlösungen sehr verschiedener Concentration (2—30 %), in Lösungen von Natriumsulfat und Natriumphosphat sowie in Benzol als haltbar erweist. Beim Erwärmen der Retina in einer 30procentigen Kochsalzlösung auf 70° C. büßt der Purpur kaum etwas von seiner Färbung ein, und nur längeres Erwärmen bei 100° C. bleicht die Retina all-

mählich, aber vollständig. Nach *V. Henfen* findet sich in der Stäbchenschicht von *Pecten Jacobaeus* wahrscheinlich wahrer Sehpurpur; eine Nachuntersuchung hat mir aber ergeben, daß nur ein Theil der rothen Stäbchenpigmente bei dieser *Pecten*species lichtempfindlich ist, ein anderer dagegen sehr lichtbeständig.

Farbstoffe  
der  
Wirbel-  
thiere.

Bei den Wirbelthieren vereinfachen sich die Färbungen in auffallendem Maße; nicht etwa insofern, als denselben intensivere oder mannigfaltigere Färbungen abgingen oder daß eine geringere Anzahl von Farbstoffen in Anwendung gezogen würde, sondern lediglich in der Weise, daß sämtliche Pigmentirungen durch Glieder weniger Farbstoffgruppen veranlaßt werden, daß eigenartige Pigmente, wie solche bei Wirbellosen aller Typen in reichlichem Maße angetroffen werden, bei den Wirbelthieren außerordentliche Seltenheiten sind.

Abgesehen von dem Hämoglobin und Biliverdin, welche wegen ihres constanten Auftretens in der Wirbelthierreihe für uns wichtig sind, welche aber bei Wirbellosen gleichfalls vorkommen, — ob schon bei diesen das Gallenpigment eines ganz andern Ursprungs ist als bei den Wirbelthieren<sup>80)</sup> — sind es nur das Zoorubin, Turacin und Turacoverdin, welche von den besser bekannten Pigmenten auf Wirbelthier-species im Vorkommen beschränkt gefunden wurden.

Mit seltenen Ausnahmen sind es Lipochrome und Hämoglobine, welche nebst ihren Abkömmlingen (Gallenfarbstoffe, Melanine und Melanin-ähnliche Stoffe) die sog. objectiven, chemischen oder Absorptionsfarben bei den Wirbelthieren bedingen und nur unter Mitwirkung gewisser Structureigenthümlichkeiten auch blaue wie grüne Farbentöne möglich machen. Die Ursache der Grünfärbung unserer Frösche<sup>81)</sup> kannten bereits viele ältere Forscher, ebenso auch die Thatfache, daß die in Alkohol lavendelgrau, ja oft blau gewordene Froschhaut beim Bedecken mit angefeuchtetem gelben Seidenpapier wieder grasgrün erscheint. *Bogdanow* und ich wiesen darauf hin, daß die blauen Federn im durchfallenden Lichte bräunlich, die grünen

gelb erscheinen, und *A. B. Meyer* machte darauf aufmerksam<sup>82)</sup>, daß, «wenn man bei dem grünen *Electus polychlorus* das Licht möglichst horizontal auf das Grün des Rückens auffallen läßt, wenn man z. B. in Augenhöhe über den grünen Rücken, dem Lichte zugewendet, hinweggeht, derselbe schön orange-gelb erscheint, so blendend grün schillernd er auch bei auffallendem Lichte ist; fast noch in die Augen springender», bemerkt *Meyer* weiter, «ist dieses Verhalten, und zwar schon bei sehr schräg auffallendem Lichte, bei den grünen Federn der *Araras*, bei *Sittace militaris* *L.* und *S. chloroptera* *Gray*». Schließlich gelang es *Gadow*<sup>83)</sup> an den tiefblauen Federn eines Makao durch einfache Pressung das Blau ganz zu beseitigen.

Obgleich bei den von mir beobachteten mittelländischen *Crenilabriden* die grünen und blauen Farben<sup>84)</sup> in ähnlicher Weise wie bei den Federn auf Strukturverhältnissen beruhen, so soll sich nach *G. Francis* bei einigen seltenen Fischen (*Odax radiatus*, *O. frenatus* und *O. Richardsonii*) ein grünblauer Farbstoff finden, und auch bei Bananenfressern, welche in ihren Färbungen gleichsam eine Ausnahmestellung einnehmen, kommt ein grünes in Wasser lösliches Pigment den grünen Federn zu. Hiermit ist aber die Summe aller bei Wirbelthieren in der Pigmentirung aufgefundenen Besonderheiten erschöpft; denn daß die Salmonsäure<sup>85)</sup> nicht nur ein unreines Lipochrom darstellt, ist bislang als ebensovienig festgestellt zu erachten, als daß der Färbung der Beloneknochen ein grüner Farbstoffkörper thatsächlich zu Grunde liegt.

Unter den Wirbelthieren selbst gibt sich aber ein allgemeiner Wechsel in der Pigmentirung auch noch darin zu erkennen, daß Fische, Amphibien und Reptilien (mit Ausschluß der Schlangen) vorzugsweise auf lipochromatische Färbungen angewiesen sind, bei Schlangen und Säugethieren die melanoïden Färbungen vorherrschen, die lipochromatischen dagegen sehr zurückstehen oder auch wohl ganz zum Ausfall kommen, während unter den Vögeln bei

einigen Species die Lipochrome, bei anderen die Melanine mit ihren Verwandten bevorzugt erscheinen.

Das Wichtigste, was die Analyse der Farbstoffe bei den Wirbeltieren bereits erschlossen hat, ist die Beschränkung charakteristischer Pigmente auf vereinzelte Species oder auf Vertreter einer oder weniger Familien. Selbst die Verbreitung der Lipochrome bietet uns prägnante Beispiele, wie die Anbildung auch dieser, wie es scheint, so veränderlichen Substanzen mit der Organisationsanlage Hand in Hand geht. Mehr oder weniger beträchtlich ist so z. B. die rhodophanartige Beimengung, welche das Lipochrin in der Haut der einheimischen Salamandrinen constant begleitet; stets findet man ferner in der Haut der einheimischen Lacertiden einen andern chlorophanartigen Körper (Lacertofulvin) als in der Haut von *Hyla arborea*, *Rana temporaria* und *R. esculenta* (Lipochrin), und dieselbe Differenz besteht nach Kühne für diese Thiere auch bezüglich der gelben Lipochrome in den Zapfen der Retina<sup>86</sup>).

Federfarbstoffe  
der  
Vögel.

Am reichlichsten sind in dieser Hinsicht die Pigmentirungen des Gefieders der Vögel<sup>87</sup>); mit Ausnahme der in ihren Effecten so überraschenden Structurfarben, welche den Colibris und vielen anderen tropischen Vögeln ihre Farbenpracht und Farbenmannigfaltigkeit verleihen, beruhen an diesem alle gesättigteren Farben auf der Anwesenheit von Lipochromen. Vorwiegend sind es chlorophan- und rhodophanartige Stoffe, welche ihre Wirkung dabei entfalten, deren Repräsentanten in den Federn verschiedener Vogelarten oft aber differente sind. Bald findet sich in den Federn von Lipochromen veritables Rhodophan, bald das schlecht charakterisirte Zoonerythrin vor, und in den rothen Papageienfedern ein dem Rhodophan nur entfernt verwandter Körper, das Araroth, welches sich gleich seinem, dem Chlorophan analogen Begleiter, dem Pfittacofulvin, in seinem Verhalten gegen Reagentien sehr den Lipochromoiden nähert. Von gelben Lipochromen scheint das Zoofulvin die weiteste Verbreitung zu besitzen, weniger häufig findet sich das

Coriofulfurin und das Picofulvin charakterisirt, soviel wir wissen, die Vertreter einer einzigen Familie, nämlich die Piciden.

Das Picofulvin<sup>88)</sup> wurde von mir in den grünen Federn von *Gecinus viridis* entdeckt und bei sorgfältiger Prüfung von 19 Spechtarten bei 9 Species, theils nur mit Rhodophan (*Campophilus Malherbii*, *Picus major*, *Callolophus mentalis*, *Gecinus viridis*), theils mit Rhodophan und Coriofulfurin (*Mulleripicus fulvus*, *Yungipicus Temminckii*, *Chrysoptilus punctigula*, *Chloronerpes aurulentus*, *Chl. Kirkii*) vergesellschaftet gefunden, bei 10 Species (*Dendropicus cardinalis*, *Campethera nubica*, *Tiga tridaetyla*, *Dryocopus flavifrons*, *Colaptes auratus*, *C. olivaceus*, *C. rubricatus*, *Melanerpes formicivorus*, *Picumnus minutus*, *Jynx torquilla*) dagegen vermißt. Bei weiterer Nachforschung über eine eventuelle Verbreitung des Picofulvins bei Vertretern der den Piciden nächststehenden Familien (Pfittaciden, Bucconiden, Ramphastiden)<sup>89)</sup>, welche die großartige Liberalität *Adolf Bernhard Meyer's* und sein warmes Interesse für jeden, auch noch so kleinen Fortschritt in der Lehre von den thierischen Färbungen mir ermöglichte, — ergab sich, daß dieser Farbstoff hier durchgängig fehlt und demnach (wenn auch nur vorläufig) als eine Eigenthümlichkeit der Piciden betrachtet werden muß.

Einen ebenso beschränkten Verbreitungsbezirk als das Picofulvin scheint das Turacin<sup>90)</sup> zu besitzen. Dieser kupferreiche, purpurrothe Farbstoff der Musophagiden ist durch die Reisebeschreibung von *Verreaux* zuerst bekannt geworden. Den späteren Mittheilungen anderer Ornithologen läßt sich entnehmen, daß sich das Turacin bei den meisten Musophagiden species findet, davon, daß es bei irgend einer derselben thatsächlich vermißt wurde, ist mir überhaupt nichts bekannt geworden. Sehr genaue Untersuchungen über diesen Farbstoff verdanken wir *Church*. Nach *Church*, aber unbeeinflusst von den in seiner Arbeit niedergelegten Resultaten, untersuchte ich das Turacin und fand schließlich, nach vielem Suchen, auch seine Ab-

handlung wieder auf, welche bis dahin vergeffen und begraben lag in der großen Katakombe der Philosophical Transactions.

Nach allen Beobachtungen, welche über das Turacin in der Literatur niedergelegt find, und nach den Erfahrungen, welche ich in den größeren ornithologischen Sammlungen Deutschlands wie Oesterreichs bezüglich einer zu erwartenden Turacinfärbung bei anderen Gruppen zugetheilten Species sammeln konnte, hatte es den Anschein, als ob dieser Farbstoff nur bei Mufophagiden vorkomme. Bei meinem Besuche des *Senckenberg'schen* Museums zu Frankfurt fiel mir jedoch kürzlich ein Cuculide von Manilla, *Dasylophus superciliosus Swainson* auf, bei welchem das fette Roth sparsam vorhandener Kopffedern auf Turacin schließen ließ. Dank der Bereitwilligkeit der Direction der *Senckenberg'schen* Gesellschaft war mir eine Untersuchung dieser Federn möglich, welche zu dem Resultate führte, daß der fragliche Farbstoff wirkliches Turacin war. *Moleley* erwähnt in seiner von mir schon wiederholt citirten Abhandlung, er glaube gelesen zu haben, daß das Turacin auch bei einer kleinen Papageienart Australiens entdeckt sei. Ich habe in ornithologischen Kreisen von einer derartigen Mittheilung nichts in Erfahrung bringen können und bin deshalb geneigt anzunehmen, daß diese Notiz nur auf Verwechslung des Turacins mit einem andern Farbstoffe von Seiten *Moleley's* beruht; ist es mir doch schon wiederholt vorgekommen, daß mir Mittheilungen über das Turacin zugehen, welche sich stets als irrthümliche entpuppten. Daß sich dieser Farbstoff bei keinem Papageien findet, ist mir so sicher als irgend etwas.

Noch specialisirt im Vorkommen als das Turacin ist der grüne Farbstoff, welcher aus ihm bei längerer Aufbewahrung im angefeuchteten Zustande und an der Luft hervorgeht, das Turacoverdin<sup>91</sup>); dieses wurde von mir bei *Corythaeola cristata* aufgefunden, aus den grünen Federn von *Corythaix albicristata* isolirt wie in Lösung erhalten und ist weder bei anderen Mufopha-

giden noch bei irgend einer Species einer andern Vogelfamilie fernerhin nachgewiefen.

Während das Picofulvin, Turacin und Turacoverdin durch ihre Befchränkung auf Repräſentanten einer einzigen Familie (und resp. auf wenige andere, dieſer ſehr naheſtehende Formen, deren ſyſtematiſche Stellung überdies noch fraglich iſt) von Intereſſe ſind, verdient das Zoorubin deſhalb Beachtung, weil es bei verhältnißmäßig wenigen Species fernſtehender Familien in den Federn auftritt; auch dieſer Farbstoff wurde ſonſt im Thierreiche nicht wiedergefunden.

Bei Paradiſeiden iſt das Zoorubin<sup>92)</sup> am regelmäßigſten anzutreffen; ſo findet es ſich bei *Paradisea papuana*, *P. rubra*, *Diphyllodes magnifica* und ganz beſonders reichlich bei dem Männchen von *Cicinnurus regius*, deſſen Gefieder es eine prächtige braunrothe Färbung verleiht. Außerdem habe ich dieſen Farbstoff aber auch bei Trogoniden (*Pyrotrogon Diardi* ♂), Alektoriden (*Otis tarda*) und Phalſianiden (gewiſſe Varietät von *Gallus domesticus*) nachzuweiſen vermocht, und zweifellos wird derſelbe auch Arten mehrerer anderen Familien nicht fehlen; in ſämmtlichen von mir unterſuchten braunen Rhamphaſtiden-Federn habe ich ihn indeß vermißt.

Gewöhnliche und außergewöhnliche Färbungen treten uns bei den Vögeln nicht nur am Gefieder, ſondern auch an den Eierſchalen<sup>93)</sup> entgegen. Durch die Unterſuchungen von *Sorby*, *Liebermann* und mir iſt feſtgeſtellt, daß die Färbungen der blauen bis grünen Vogeleierſchalen von Biliverdin oder dieſen ſehr naheſtehenden Farbstoffkörpern (*Oocyan Sorby's*) herrühren, während die dunkelen und röthlichen Farbentöne (fleiſch-, oliven-, lederfarbig, roth, braun, ſchwarz u. dgl. m.) durch ein Hämoglobinderivat (*Oorhodein Sorby's*) veranlaßt werden, welches nach dem Entkalken der Schalen als Hämatoporphyrin in die Säure übergeht. Beide Pigmentirungsweiſen manifefſtiren ſich als gründlich verſchieden-

Eier-  
ſchalen-  
farbstoffe.

artige schon dadurch, daß die Biliverdinfärbung auch in tiefere Schalenlagen hinabreicht, daß sie im Umfang der Schale aber an allen Stellen stets eine gleichmäßige ist, während das directe Spaltungsproduct des Hämoglobins nur ganz oberflächlich und hier stets in mehr oder weniger circumscripter Vertheilung (als Flecke, Punkte, Kritzeln, Schlieren etc.), niemals in der Tiefe der Schalen zu finden ist. Das sog. Oocyan wird, so schließen wir aus diesen Befunden, in Gemeinschaft mit den Kalksalzen fecernirt, das Oorhodein hingegen der fertigen Eierschale erst ganz zuletzt aufgetragen.

Außer dem Biliverdin und Hämatoporphyrin tragen nachgewiesenermaßen nur noch bei zwei Vogelclassen andere Pigmente zur Eierschalenfärbung bei, indem in beiden Fällen auf die Oorhodeinfärbung verzichtet wird. Es ist bemerkenswerth, daß diese Abweichungen Familien betreffen, bei denen die Färbungen des Gefieders sich durch keine Abfonderlichkeiten auszeichnen, und daß anderseits die Vögel mit ungewöhnlichen Federfarbstoffen keine von dem allgemein Gang und Geben in ihrer Färbung abweichende Eier legen. Lediglich die Crypturiden und Cursorcs nehmen durch die Pigmentirung ihrer Eierschalen eine Sonderstellung unter den Vögeln ein, indem sich nämlich bei den Cursorcs dem Oocyan das Oochlorin, und bei den Crypturiden Oochlorin und Ooxanthin hinzugefellen.

Wir können hiermit unsere Darstellung der Färbungsoberflächen bei den Wirbelthieren beschließen, denn die Untersuchung der melaninartigen Stoffe hat wegen der Schwerlöslichkeit dieser Substanzen zu vergleichend-physiologisch wichtigeren Resultaten noch nicht geführt. Bei der Lösbarmachung und Reinigung dieser Pigmente von Horn- und Eiweißgebilden hat man stets zu Mitteln greifen müssen, welche die Farbstoffe selbst verändern und zersetzen, ohne aber zugleich auch nur irgendwelche Garantie zu bieten, daß die verunreinigenden Stoffe thatsächlich dadurch beseitigt werden. Vieles



der Bepfehung und der Untersuchung Werthe ließe sich allerdings auch noch aus der Farbenwelt bei den Wirbelthieren namhaft machen, doch glaube ich nicht, daß die Forschung bereits soweit vorgeschritten ist, als daß man über das Wie dieser Färbungen auch nur eine Vermuthung aussprechen könnte. Meine und die Untersuchungen anderer Autoren haben allerdings gelehrt, daß das rothe Knochenmark, die meisten rothen, halbrothen oder tief lackfarben zinnoberrothen Wirbelthiermuskeln durch unverändertes Hämoglobin gefärbt sind, was jedoch die Färbung des gelben Knochenmarkes bedingt, wie die Farbe der himmelblauen Muskeln vieler Scomberiden, die rothe, auf fog. «acide salmonique» beruhende Färbung des Lachs fleisches zu Stande kommt, das wissen wir nicht und was die gelbe Farbe des Blutserums bei Säugethieren veranlaßt, das wissen wir auch nicht. Ebenso schlecht sind wir über die gelben bis hochrothen Färbungen der Schneidezähne gewisser Nagethiere, über die Schwarzfärbung der Zähne von Wiederkäuern und Pachydermen unterrichtet, und bei Fragen nach den Färbungsverschiedenheiten der Haare<sup>94)</sup> würde sich ein Räthsel an das andere reihen. Auch über die Federfarben der Vögel breitet sich stellenweise noch ein tiefes Dunkel aus. Die violetten und purpurvioletten Federn bei den Tauben der Inseln um Neu-Guinea (*Ptilopus speciosus* Ros. ♂, *P. pulchellus* Tem., *P. geminus* Salv. ♀) trotzten bislang jedem Versuche, eine ähnlich gefärbte Substanz aus ihnen abzufcheiden, und nichts wissen wir über die feurigen Farben des Goldfasans, nichts über das wunderbare Roth der *Xipholena pompadora*. Ueberall würden hier zur Zeit nur Wünsche an Stelle des Geistes abgeschlossener exacter Untersuchungen treten können.

Unbeirrt durch die Vorurtheile und die Sucht einzelner Unter- Rückblick.  
sucher, in jedem rothen, braunen oder dunkelgrünen Pigmente —  
befinde es sich an Infusorien gebunden in den Flüssen bei Guate-  
mala (*Roffignon*), in Algen (*Phipson*) oder irgendwo bei Thieren

(*Ray-Lankester, Sorby, Mac Munn*) — ein verkapptes Hämoglobin-derivat zu entdecken, in jedem gelben wie grünen Farbstoffe die Kraft des Chlorophyllkorns zu wittern, jede lebhaftere Pigmentirung als das Product einer, auch unter natürlichen Verhältnissen ablaufenden *Pettenkofer'schen* Gallensäurereaction zu deuten (*Caldi*) oder überall nur Lipochrome zu sehen (*Merejkowsky*), habe ich versucht, Ihnen von den thierischen Pigmentirungen nur Das zu bieten, was als erwiesene Thatfachen in der Wissenschaft von dauern- dem Bestande ist, was, um nicht zu Irrlichtern zu werden, berichtet werden mußte, und schließlich auch die auf Thatfachen basirten Theorien und Ideen, an deren Hand sich rüstig weiter forschen läßt.

Wir nahmen bis dahin den thierischen Pigmentirungen eine analoge, allerdings ganz entgegengesetzte Stellung gegenüber ein als der moderne anatomische Mikroskopiker den thierischen Geweben; dieser ist zufrieden gestellt, wenn ihm eine möglichst brillante und distincte Färbung an einem Organelemente gelungen ist, und es könnte nach dem Vorgetragenen auch leicht den Anschein erwecken, als ob unser Interesse völlig befriedigt sei, wenn die Farbstoffextraction eine gelungene gewesen ist. Ich bin jedoch weit davon entfernt zu glauben, daß mit der Kenntniß der chemischen Natur der Farbstoffe allein, und mag sich dieselbe in der Zukunft auch noch so vollkommen gestalten, biologisch viel gewonnen ist; diese bildet meines Erachtens nur ein unbedingtes Erforderniß, um die Räthsel der thierischen Färbungen, deren es so unendlich viele und einer wissenschaftlichen Untersuchung so würdige gibt, überhaupt erst ihrer Lösung näher zu führen. Ebenso wie in einer rationellen Histologie der beabsichtigte Zweck aller Tinctionen nur der sein kann, zu erforschen, was in jedem einzelnen Falle für chemische Gewebsbestandtheile und warum gerade diese mit dem angewandten Färbemittel imprägnirt werden, so hat auch, sage ich, eine wissenschaftliche vergleichende Chromatologie der Thiere vor allen in Erfahrung zu bringen, warum gerade diese und

nicht andere lebende Organtheile gefärbt find, und auf welchem Wege der Farbstoff an die betreffenden Plätze gelangt ist, resp. ob derselbe erst an Ort und Stelle gebildet wurde. Der Histologe wird seiner Aufgabe sicherlich erst dann gerecht werden, wenn er sich nicht darauf beschränkt, die Gewebe durch Anilin, Eosin u. dgl. m. in ein gefchmackvolles Licht zu setzen, sondern sich auch dazu bequemen wird, durch successive Entfernung der durch verschiedene Farbstofflösungen different gefärbten Gewebstheile sichere Anhaltspunkte über die chemische Structur der Gewebe selbst zu erlangen. In entsprechender Weise wird die vergleichende Physiologie der thierischen Färbungen aber auch nur dann ihrem beabsichtigten Ziele sich zu nähern wissen, wenn sie nicht in einer Farbstoffchemie aufgeht, sondern vorwiegend ihr Augenmerk der Erforschung der natürlichen Färbungsurflächen zulenkt<sup>95</sup>).

Was ich Ihnen nach dieser Richtung zu bieten vermag, ist sehr wenig. Das zur Lösung dieser Fragen angehäuften Erfahrungsmaterial ist außerordentlich reichhaltig und gewiß noch weit bedeutender, als ich es zu übersehen vermag; ich fühle mich unfähig, ohne eine große Eigenerfahrung und ohne Unterstützung geeigneter Sammlungen daselbe zu sichten und in eine so aphoristische Form zu kleiden, als es der Rahmen dieser Vorträge mir gestattet. Ich beschränke mich deshalb darauf, nur die Punkte hervorzuheben, an deren Klarstellung uns bei einer naturgemäßen Betrachtung der thierischen Pigmentirungen vorzugsweise gelegen sein muß, welche aber nur tiefere und umfassende Studien zu detailliren vermöchten.

Wir begannen unsere Betrachtungen damit, die Momente ausfindig zu machen, welche sich für eine genetische Beziehung zwischen den einzelnen Farbstoffgruppen verwerthen ließen; dieser Tendenz sind wir bei allen unseren Auseinandersetzungen, wie ich glaube, treu geblieben, und es ergab sich außer den Resultaten, welche die Tafel auf S. 101 resumirt, weiterhin noch die Thatfache, daß

Herkunft  
der  
Pigmente.

einige natürliche Farbstoffe, obgleich äußerlich einander sehr unähnlich (rothe und violette Farbstoffe der Acrocladien wie der Blütenblätter, das Pentacrinin und seine grüne Verbindung) doch nichts anderes vorstellen als in dem einen Falle die freie Farbstoffsäure, in dem andern das Salz derselben. Hiermit ist aber alles erschöpft, was sich über die thierischen und pflanzlichen Farbstoffe in dieser Beziehung sagen läßt.

Eine andere Frage ist nun die, ob ein oder der andere Farbstoff in offenkundiger Beziehung zu einer ungefärbten Substanz steht, sei es, daß diese im Organismus bereits unter physiologischen Verhältnissen vorhanden ist, sei es, daß diese denselben nur bei einer gewissen Ernährungsweise zugeführt wird. Soviel ich sehe, läßt sich für ein derartiges Abhängigkeitsverhältniß nur ein einziges sicheres Beispiel anführen (die Umwandlung des Indol in sog. Harnindican und Indigo), welches nicht viel bedeuten kann, wenn man berücksichtigt, daß jeder thierische Farbstoffkörper eine solche Abstammung schließlich haben muß. Wie schwer es hält, in dieser Richtung Resultate zu erzielen, dürfte schon daraus zu entnehmen sein, daß wir in vielen Fällen nicht einmal wissen, ob eine Substanz wirklich ein thiereigenes Product ist oder schon als solche von außen aufgenommen wurde; ob es sich bei ihr nicht um einen Körper handelt, welcher in minimaler Menge dem Organismus einverleibt, in diesem (ähnlich dem Kupfer in den Haaren, dem Silber in der Haut bei Argyrie) retinirt blieb, um gelegentlich vielleicht, wie der Krapp dem Kalke in die Knochen und in die Eierschalen folgt, auch mit dem Fette oder gewissen Eiweißstoffen mobil und transportabel zu werden.

Viele Abhandlungen sind erschienen, bevor man die Kohlenpartikelchen im Lungenparenchym als solche erkannte, den Guaninproduzenten unter den Thieren kennen wir noch immer nicht, und man kann sich deshalb nicht gerade wundern, wenn fast alle, der Entstehung thierischer Pigmente zugewandten Nachforschungen

einen mehr oder weniger generalisirenden Charakter angenommen haben, und man sich vorläufig auch damit zufrieden stellt, wenn es anseheinend gelungen ist, eine bestimmte Färbung in causalem Zusammenhange mit einem bestimmten Nahrungsmittel zu wissen. Wie viele von den Beobachtungen aber, durch welche ein derartiges Abhängigkeitsverhältniß zwischen Farbe und Nahrung erschlossen sein soll, richtig sind, stelle ich späteren Experimentatoren zur Entscheidung anheim und führe hier nur einige derselben auf.

So ist behauptet worden, daß die Flamingos ihr zartes Roth aus der Fischenahrung beziehen, daß das Schwarzwerden von in Käfigen gehaltenen Gimpeln, Buchfinken und Stieglitzen bei einer zu übermäßigen Fütterung mit Hanf eintrete<sup>96)</sup>, daß verschiedene Völkerschaften es verstehen, grüne Papageien durch eine besondere Art der Ernährung und auch durch andere Mittel gelb zu färben («tapiriren»)<sup>97)</sup>, und neuerdings hat man gelbe Canarienvögel durch Füttern mit spanischem Pfeffer dunkelorange zu färben vermocht. Nur sehr vage allgemeine Angaben liegen über den Einfluß des Futters auf die Färbungen bei den Insecten<sup>98)</sup> vor. Allgemein bekannt ist die Behauptung, daß Schmetterlinge, ganz besonders Arten der Gattung *Euprepia*, eine andere Färbung als die gewöhnliche annehmen, wenn ihre Raupen mit ihnen für gewöhnlich nicht zu Gebote stehenden Blättern gefüttert werden; so soll *Euprepia caca* einfarbig braun werden, wenn man ihre Larven mit Wahußblättern ernährt. Die Raupe von *Elloparia fasciaria* soll auf Fichten grün, auf Kiefern braun sein, und die Raupe von *Xylomiges conspicillaris* entsprechend der Verfärbung des Ginsters, auf dem sie lebt, die Farbe ebenfalls wechseln; so lange dieser jung, ist sie grün, wenn die gelben Blüthen kommen, erscheint sie auch im gelben Kostüm und wechselt dieses noch einmal in Graubraun um, wenn sie, schon ausgewachsen, zwischen dürrer Laube sich bewegt. Eine andere Raupe, *Eupithecia absinthiata*, ein polyphages Thier, soll auf dem gelb blühenden *Senecio Jaco-*

baea gelb, auf rothen Centaureen röthlich und auf weißer Camille weiß sein. *Leydig* fiel sogar auf den Gedanken, daß das feiner irrthümlichen Annahme nach in den grünen Heuschrecken- und Chrysopa-Flügeln deponirte Chlorophyllgrün sich mit vorrückender Jahreszeit an seinem neuen Platze ebenso, wie das der Blätter verfärbte.

Strenger durchgeführt, besonders in den Arbeiten von *Weismann*, sind die Beobachtungen über den Einfluß von Licht und Temperatur auf die Entwicklung der Farben bei den Schmetterlingen. Schon *Dorfmeister* war es gelungen, bei *Euprepia caja* das normale Rothgelb der Hinterflügel durch erhöhte Wärme in Mennigroth, durch erniedrigte in Ockergelb nach Belieben umzuwandeln. Der Saison-Dimorphismus, d. h. die nach den Jahreszeiten wechselnde Färbung des Netzfalters (*Vanessa levana* L.) und einer Reihe anderer Tagfalter, den bereits *Röfel* gekannt, *Weismann* aber erst näher erforscht und erklärt hat, bietet in dieser Beziehung wohl das anziehendste Beispiel dar. Diese Farbenveränderungen, welche *V. Graber* in seinem, so originellen Werke «Die Insecten» höchst sinnreich beschrieben und den weitesten Kreisen dadurch erschlossen hat, betreffen aber insgesammt nur die Structurfarben, welche einem Verständnisse und einer eingehenderen Untersuchung zur Beantwortung des Warum weit schwieriger zugänglich sind als die Fälle, wo die Färbung durch greifbare und isolirbare chemische Stoffe eine Beeinflussung erfährt; ihre wissenschaftlichere Inangriffnahme erfordert weit mehr Vorarbeiten als die der letzteren Art, welche schon, wie wir sahen, sehr complicirter Natur ist. Nur eine, für die Kenntniß des Entstehens der chemischen Färbungen sehr wesentliche Vorfrage bleibt uns bei den Structurfarben erspart, nämlich die nach der Bildungsstätte des Färbungs-materiales, zu deren Besprechung wir sogleich übergehen können, weil von den äußeren physikalischen Einflüssen auf die sonstigen Färbungen der Thiere nur soviel gewiß ist, daß

das intensivste Sonnenlicht verbunden mit der größten Wärme, wie man es in den Tropen findet, die größte Mannigfaltigkeit und Pracht der Farben bedingt, und daß sowohl mit der Erhebung über die Meeresfläche wie namentlich gegen die Pole zu sich die Farben mehr und mehr abschwächen oder monotoner werden.

«Ob das Pigment am Orte, wo man es vorfindet, entstanden ist und so z. B. in den Farbezellen als Product ihrer metabolischen Thätigkeit angesehen werden kann, oder ob es schon als solches auf irgend eine Weise (flüssig oder fest) in die Zelle gelangt», ist eine Frage, welche nach meinem Dafürhalten für jeden besonderen Fall erwogen und nicht selten verschieden beantwortet werden muß. Ich gebe zu, daß bei manchen thierischen Färbungen ein in Hinblick auf die chemische Zusammensetzung des Farbstoffkörpers unbedeutendes Atom einer hinzugeführten Substanz (wie z. B. von einem Eisensalze bei chlorotischen Pflanzen) ausreicht, aus einem ungefärbten Chromogene einen Farbstoffkörper an's Licht zu zaubern, daß auch entfernt liegende Organe (so z. B. die Nebennieren bei der Addison'schen Krankheit) auf eine Pigmentablagerung in ganz anders gearteten Geweben von gravitirendem Einflusse sein können; für die Federn speciell, vertrete ich aber die Auffassung, daß sämmtliche Farbstoffe derselben, mit alleiniger Ausnahme des Coriofulfurins, in loco entstehen und beziehe mich dabei:

Bildungs-  
stätte der  
Pigmente.

1. auf *A. Ewald's* Tinctionsversuche<sup>99)</sup>, welche ergeben haben, daß die Affinität anderer thierischen Gewebe für die aus den Federn in Lösung erhaltenen Pigmente weit größer ist als die des Federgewebes selbst;

2. auf die scharfe Abgrenzung der lipochromatischen und melanotischen Färbungen, welche für erstere Farbstoffe an der Vogelretina, wo die einzelnen Zapfenkugeln ihre eigenen Lipochrome führen, und ganz besonders an Pigmentzellen der Haut von Fischen, wo in einer einzigen Zelle separirt rothe, gelbe und grünliche Fettropfen lagern, noch weit prägnanter hervortritt als an den Federn.

Nur durch die Annahme eines ganz außergewöhnlichen Electionsvermögens gewisser Zellenbestandtheile ließen sich diese so absonderlichen Verhältnisse sonst noch erklären;

3. auf die chemische Eigenartigkeit so vieler Federfarbstoffe, welche weder im Blute, noch in Drüsen, Muskeln und Haut, ja nicht einmal im Federfahne<sup>100</sup>), sondern nur in der Federfahne anzutreffen sind;

4. auf die Schwerlöslichkeit und große Unveränderlichkeit des Melanins durch chemische Agentien, welche dasselbe gar nicht transportfähig erscheinen lassen;

5. auf den Fortfall der melanotischen, nicht der lipochromatischen Färbungen bei albinotischen Formen, und

6. auf die Regeneration des Turacins nach Entfernung desselben aus den Federn durch Wasser oder alkalische Flüssigkeiten.

Um dem Farbenbildungsvermögen der Zellen selbst näher zu treten, wüßte ich für die Melanine kein anderes Mittel anzugeben, als einen Vergleich der durch gründliche anatomische und histologische Untersuchungen (welche nicht nur die Federn, sondern auch alle, eventuell dabei in Frage kommenden Organe betreffen) an albinotischen und normalen Formen gewonnenen Resultate, während uns in Betreff der Lipochrome auch allgemeiner gehaltene vergleichend-physiologische Studien eine Aufklärung versprechen dürften.

Ver-  
färbungen  
der  
Pigmente.

Nicht selten erfahren gefärbte Theile nach kürzerer oder längerer Zeit eine Abnahme ihrer Farbenintensität, ja selbst einen vollständigen Schwund ihres Pigmentes, sei es, daß der Farbstoff an Ort und Stelle zerstört oder durch Resorption entfernt wird. Am durchsichtigsten sind die Verhältnisse bei den turacinhaltigen Federn der Musophagen, wo jeder stärkere Regen, dem diese Tropenvögel in ihrer Heimath zwar nur selten ausgesetzt sind, den Farbstoff aus den purpurvioletten Federn abwäscht und diese verblaffen macht. Wo lipochromatische Färbungen an den dem Lichte exponirten







Körpertheilen eine Abschwächung ihrer Intensität erfahren, wird die gemeinsame Wirkung des Luftsauerstoffs und des Sonnenlichtes für die Abnahme der Färbung verantwortlich zu machen sein; ebenso verhält es sich auch bei der Umwandlung des Comatulins in unansehnliche bräunliche oder gelbliche Substanzen. Aber schon bei der Entfärbung der Lipochrome spielen Factoren mit, welche uns noch vollkommen dunkel sind, und diese tragen auch daran die Schuld, daß einige lipochromatische Färbungen (z. B. in der Haut von *Luvarus imperialis*) außerordentlich lichtempfindlich, andere (z. B. das in den gelben Fängen der Raubvögel abgelagerte Coriofulfurin, das Zoonerythrin in den sog. Rosen der Walddähne) weit lichtbeständiger sind, und die lipochromatischen Färbungen an den Federn (auch nicht sonderlich vor Licht- und Lufteinwirkung geschützt) viele Jahre sich erhalten.

*Weinland*<sup>101)</sup> wies bereits 1856 darauf hin, daß das Fett die Farbenintensität sehr beeinflusse, und ich überzeugte mich durch Versuche, daß fettarme, schwach gefärbt erscheinende Federn nach Durchtränkung mit fettem Oele eine ungleich gefättigtere Färbung annehmen. Bekanntlich verschwinden aus normalen Geweben bei schlechter Ernährung und bei Krankheit keine anderen Stoffe so leicht als die Fette, und *L. Martin*<sup>102)</sup> bezieht gewiß mit Recht viele sog. flüchtige Farben, welche er bei Säugethieren (z. B. an der dottergelben Kehle des Baumarders) und Vögeln (am Rosaanflug der Pelikane, am Frühlingsgefieder vieler Möven und Meersechwalben, am Flaumgefieder der Trappen, am schönen Gelb der Säuger u. f. w.) nachgewiesen hat, und welche «bei kranken oder schlecht genährten Thieren, sowie an alten Häuten und Bälgen oft ganz verschwinden» auf eine unter normalen Verhältnissen in den Geweben vorhandene Fettmenge. Dagegen glaube ich in Uebereinstimmung mit anderen Ornithologen, daß das vergängliche schöne Aschgrau der Reiherfedern (*Ardea cinerea*), welches bei der leisesten Berührung schwindet, und über welches Herr Baron *E. F.*

von *Homeyer* mich brieflich zu unterrichten die Güte hatte, auf feineren Structurverhältnissen beruht, welche durch mechanische Insulte leicht zerstört und entfernt werden. Das Verschwinden des namentlich bei den Amazonen-Papageien, doch von *Martin*<sup>103)</sup> auch bei manchen Bussarden und Wasservögeln beobachteten Duftgefieders, welches man seit *Nitfch* besonderen Puderdünen zuschreibt, wird sich nach der Ansicht des erstgenannten Forschers wahrscheinlich auch in einer ähnlichen Weise vollziehen, nämlich durch eine Abschülferung der Federhälfte. Worauf es jedoch beruht, daß, wie *E. F. von Homeyer*<sup>104)</sup> auch an unseren einheimischen Vögeln beobachtete, die Farben mit dem Schwinden des Lebens (schon für das bloße Auge bemerkbar) sich verändern, so z. B. bei alten Männchen unseres Pirols, wo mit dem Erkalten des Vogels ein bemerklicher Theil des Farbenglanzes erlischt, läßt sich an durchsichtigeren Erscheinungen noch nicht verständlich machen.

In einer Entfernung des zuvor veränderten Pigmentes durch Resorption liegt es zweifellos begründet, wenn man die von der Geburt an schwarze Hautfarbe sich bei gewissen schwarzen Hühnerarten lichten<sup>105)</sup> und, was allerdings zu einer großen Seltenheit gehört, die Haut eines Negers zu der eines Kaukasiens werden sieht<sup>106)</sup>. Eine ganz eigene Bewandniß hat es mit dem plötzlichen Ergrauen der Haare. Zahlreicher und sicherer als für Thiere sind die über das plötzliche Ergrauen bei Menschen gemachten Angaben<sup>107)</sup>, welche die oft bestrittene Möglichkeit, daß derartiges vorkommen könne, zur völligen Gewißheit werden lassen. Wir besitzen über einen derartigen Fall, der einen Mann betrifft, welcher während eines Anfalles von Säuerwahn Sinn in einer Nacht ergraute, eine sehr gediegene Arbeit von *Leonard Landois*, nach der die Verfärbung darin begründet lag, «daß sich reichliche Luftbläschen im ganzen Marke der (blonden) Haare, zerstreut auch in der Rindensubstanz entwickelt hatten, während das Haarpigment erhalten war. Diese Luftbläschen verliehen dem Haare den exquisit grauen Schein.»

In sehr seltenen Fällen hat man auch ein intermittirendes Ergrauen der Haupthaare beobachtet, so daß das Haar in Abständen von etwa 1 mm abwechselnd hell und dunkel geringelt war. *Landois* fand auch in einem derartigen Falle die hellen Stellen von einer reichlichen Entwicklung kleiner Luftbläschen im Markeanale und dem umgebenden Rindenbezirke herrührend, während das Pigment wohl erhalten war.

Das dem blendendweißen Schneekleide arktischer Formen gleichende Winterkleid einiger anderen Säugethiere und Vögel entsteht nach einigen Autoren gleichfalls durch Verfärbung, nicht in Folge einer Härung resp. Mauser; ist diese Auffassung richtig, so würde noch festzustellen sein, ob dabei (wie bei den Haaren der Greife) ein wirklicher Schwund des meist dunklen Pigmentes oder nur eine Maskirung desselben, vielleicht (ebenso wie in den plötzlich ergrauten Haaren) durch Luftporen, welche sich im Marke anhäufen, eintritt. Hierhin zählt auch die von *J. Reinhardt*<sup>108)</sup> gemachte Beobachtung, daß das Männchen von *Chasmorhynchus nudicollis*, einer brasilianischen Cotengide, sein grünliches, unten gelb geflecktes Jugendkleid in das schneeweiße des alten Vogels umändert; die weiße Farbe ist nach *Reinhardt* das Resultat einer Verfärbung, aber soweit er beobachten konnte, erfolgt sie nur einmal, nämlich beim Uebergang vom Jugendkleide zum Gefieder des alten Vogels, denn wenn der alte weiße Vogel später wieder mausert, sind die neu hervorsprossenden Federn rein weiß. Das von *Chr. L. Brehm* beobachtete Verschließen des Jugend- wie des ausgefärbten Kleides bei *Milvus parasiticus*, das Verbleichen der Federn beim Habicht und bei sämtlichen Geiern (mit alleiniger Ausnahme von *Gyps Ruppelii*, bei dem das Gefieder mit zunehmendem Alter bunter wird) beruht gewiß nur auf einer durch das Licht hervorgerufenen Zerstörung des Pigmentes.

Die mir geglückten Umwandlungen natürlich vorkommender Pigmente in einander, wie z. B. die des Turacins in Turacoverdin

(ohne Anwendung irgend eines Mittels, über welches der lebende Organismus nicht selbst verfügte), des Turbobrunins in Biliverdin, des Comatulins in die braunen oder gelblichen Farbstoffe gewisser Antedon-Varietäten, des violetten in den rothen Acrocladienfarbstoff und umgekehrt, bieten ebenso wenig wie die künstlich erzeugten Veränderungen des Hämoglobins genügende Anhaltspunkte dar, welche die natürliche Umbildung der Pigmente in loco aufklären könnte; selbst den, unter natürlichen Bedingungen sich so leicht vollziehenden Umfärbungen der Lipochromoide stehen wir, wenn es die Erscheinungen zu deuten gilt, noch ziemlich rathlos gegenüber. Manche Verschönerung der Farbe mag in bereits angedeuteter Weise durch eine, seitens der Organe stattfindenden Fettaufnahme bedingt werden, aber auch dieses Moment reicht für die Erklärung vieler Erscheinungen keineswegs aus. Und nicht nur sehen wir die Pigmente in den Geweben an Masse zunehmen oder aus diesen verschwinden, nicht nur sich in andere transformiren, sondern auch in Theilen, welche aller Lebensäfte baar zu sein scheinen, regt sich bisweilen die stoffbildende Kraft von Neuem, um alte Farben wieder zu erzeugen oder zuvor noch gar nicht dagewesene zu bilden. Das lichte Blau der Augen ist bei den neugeborenen Säugethieren gewöhnlich nur von kurzem Bestande und in seltenen Fällen von Retinitis pigmentosa färbt sich auch die Linse wachsgelb, ja sogar mahagonibraun. Am merkwürdigsten sind aber auch in dieser Beziehung die Erscheinungen, welche sich am Gefieder der Vögel abspielen, sowohl bei denjenigen, deren anfangs helle Federn sich an gewissen Körperstellen (so z. B. an der Kehle bei *Charadrius auratus*, am Kopfe bei *Larus minutus*) erst später schwarz färben oder welche ihr weißes Winterkleid gegen das dunkle Sommerkleid vertauschen, was selbst bei den Schneehühnern durch eine Verfärbung des Gefieders und nicht durch Mauser zu erfolgen scheint, wie auch bei den Musophagiden, welche den ausgewaschenen Purpurfarbstoff

ihren Federn auf's Neue einzuverleiben wissen. Nichts wäre interessanter als zu erfahren, wie sich im ersteren Falle die Wiederherstellung der temporär verschwundenen dunkeln Farbentöne, in letzterem wie sich die Regeneration (unter oder ohne Nerveneinfluß) des Turacins vollzieht.

Eine der auffälligsten Erscheinungen ist die Ausbildung des sog. Hochzeitskleides bei den Vögeln; diese äußert sich jedoch in sehr mannigfacher Weise. Bei den Hühnerarten schwellen die Kämme und Augenpolster an, womit eine Erhöhung der Farbe dieser Theile verbunden ist. Ein Taucher (*Colymbus septentrionalis*), der Staar, die Ammern, die Lerchen und sehr viele Finkenarten helfen sich beim Anlegen ihres Hochzeitsputzes einfach damit, daß sie von ihrem düsteren Winterkleide die grauen Spitzen und Ränder der einzelnen Federn abwerfen und in Folge dessen zuvor bedeckt gelegene und so vor Abnutzung geschützte Theile der Federn sichtbar werden. Bei anderen Vogelarten aber (zu welchen die Fliegenschnäpper [nach *Martin* *Muscicapa collaris*, *M. atricapilla* und *M. parva*], wahrscheinlich auch mehrere Drossel- wie Entenarten [nach *Schlegel* z. B. *Anas carolinensis* und *A. galericulata*] gehören), welche es zu diesem Kunstgriffe noch nicht gebracht haben, findet, wenn die Hochzeit naht, eine gesteigerte Säftezufuhr zu den Federn statt, und das bis dahin schlecht ernährte Gefieder gewinnt in Folge dessen den verschwundenen Glanz und das Lustre wieder, mit denen es in längst vergangener Jugendblüthe prangte.

Bei Beurtheilung aller Färbungsverschiedenheiten, welche auf individuellen, sexuellen oder auf Rasseneigenthümlichkeiten beruhen, mögen dieselben (wie z. B. an den menschlichen Haaren oder wie an den Federn von *Electus polychlorus*) noch so überraschend in ihrem Effecte sein, wird man nie zu vergessen haben, daß alle derartigen Differenzen nur durch den Ausfall eines Pigmentes (unvollständiger Albinismus) oder durch structurelle Verschiedenheiten

Con-  
stanz  
der  
specifischen  
Stoff-  
wechsel-  
producte,  
speciell der  
Farbstoffe.

der Organtheile oder endlich dadurch zu Stande kommen können, daß es bei der Bildung einer definitiven Farbstoffsubstanz nur bei Vorstufen derselben bleibt; die chemischen Eigenthümlichkeiten einer Zelle, die synthetischen Proceß in ihr werden durch die Factoren, welche das Individuum, die Sexualität oder die Rasse bestimmen, so viel wir wenigstens bis jetzt wissen, nicht tangirt. Niemals ist es möglich gewesen, die specifischen Stoffwechselvorgänge einer Zelle in gravitirender Weise umzugestalten oder dieselben von selbst sich verändern zu sehen. Wie ich in meinem ersten Vortrage ausführte, handelt es sich, abgesehen von den, in sehr weiten Grenzen schwankenden rein morphologischen Verhältnissen, die, wie *Claude Bernard* bewies, streng biologisch nichts bedeuten, bei allem, was Kunst und Natur unter unseren Augen als Abänderungen schuf, nur um ein Plus oder Minus des Normalen, nicht um Außergewöhnliches. Auf diesen Satz gründete ehemals *Rudolf Virchow* den Bau der modernen Pathologie, und derselbe trägt in gleicher Weise auch die vergleichende Physiologie unserer Tage.

Ebenso wenig wie sich Taurin statt des Kreatins in den menschlichen Muskeln, ebenso wenig wie sich ein Lipochrom statt des Uranidins bei den Myxomyceten bildet, oder Melanine statt der Floridine bei *Hircinia variabilis* entstehen, vermag das menschliche Haar einen grünen Farbstoff zu erzeugen; was jüngst Derartiges gefabelt wurde, beruht entweder auf der, S. 158 erwähnten Kupferfärbung oder auf einer ähnlichen Pigmentirung, welche aus *Gellert's* Gedichte vom grünen Esel jedermann bekannt ist. Das Beispiel von *Electus polychlorus*<sup>109)</sup> beweist, daß die Sexualität bestimmend werden kann für die Art des entstehenden Lipochromoïdes; zahlreiche andere Formen lehren fernerhin, daß individuelle Einflüsse die Lipochromoïde resp. die Melanoïde zwischen gelb, roth bis braunschwarz variiren lassen, und in den Farbenabweichungen der menschlichen Haare besteht eine entsprechende



Skala für das Melanin mit feinen Vorstufen resp. feinen Abkömmlingen. Die Macht der Individualität, der Sexualität und der Rasseeigenthümlichkeiten reicht aber nicht einmal so weit, an Stelle des Melanins das Hämoglobin oder ein echtes Lipochrom treten zu lassen, ja bei den Wirbelthieren zeigt sich selbst die Abgrenzung der chlorophan- und rhodophanartigen Pigmente so beständig, daß individuelle oder sexuelle Unterschiede sie nicht mehr verwischen.

*Semper* ist einer von den wenigen Zoologen gewesen, der zwischen Färbung und Farbstoff streng zu unterscheiden wußte. In seinen «Natürlichen Existenzbedingungen der Thiere» (Leipzig 1880. Th. II. S. 231) sagt er: «Daß die Zuchtwahl unter keinen Umständen das Pigment, den eigentlichen Farbstoff selbst, zu erzeugen vermag, ist einleuchtend. Die Entstehung der Pigmente muß abhängen von physiologischen Processen im Körper jedes Individuums, welche für das gesunde Leben dieses einzelnen Thieres von hoher Bedeutung zu sein scheinen. Die bestimmte Art ihrer Vertheilung auf der Haut wird somit zunächst ganz allein durch innere, im Thiere selbst thätige Ursachen bewirkt werden müssen; sie kann dabei von Anfang an eine regelmäßige oder ganz ungeordnete sein, und dies wird davon abhängen, ob die inneren physiologischen Ursachen die Ablagerung der Farbstoffe in die Haut in gewisse Bahnen leiten oder nicht. Sind diese Bahnen sehr scharf bestimmt, so wird natürlich auch die Farbenvertheilung eine sehr regelmäßige sein müssen, und viele der so ungemein charakteristischen Zeichnungen bei den Actinien, Steinkorallen, Schnecken- und Muschelschalen dürften auf solche Weise entstanden sein.» Daß natürlich da, wo Pigmentzellen unter directem oder indirectem Nerveneinfluß stehen, auch nervöse Einflüsse an den Färbungen bemerkbar werden, kann ebenfowenig überraschen, als daß sich der Muskel durch Arbeit stärkt, durch geistige Anstrengungen der Gesichtsausdruck sich verfeinert.

Farbstoff  
und  
Färbung.

Auch noch heute fragen sich viele, wenn sie eine weiße Katze auf einer weißen Mauer, und einen schwarzen Kater auf einem schwarzen Dache sehen, warum der Kater in diesem Falle schwarz und die Katze in jenem Falle weiß ist. Eine Erklärung ist bald gefunden; denn läßt die Vererbung im Stiche, so muß das Gesetz der Anpassung helfen. Andere glauben wiederum, der Wissenschaft dadurch einen Dienst zu erweisen, wenn sie die mannigfachsten Farbstoffgenüsse mit recht vielen Reagentien tractiren; ich befand mich seiner Zeit in der mir allerdings unangenehmen Lage, in letzterer Art selbst thätig sein zu müssen, allein, wie ich wohl behaupten darf, indem ich sehr eklektisch vorging und nur das als Untersuchungsmaterial auswählte, an welchem sich allgemeinere Gesichtspunkte gewinnen resp. deren Richtigkeit erproben ließ. Ich prüfte nicht, wie so mancher nach mir, Alles, was ich gerade auf dem Wege fand! Jetzt, wo man sowohl viele sehr hübsche Beispiele kennt, welche von einer Schutzfärbung Zeugniß ablegen, wo man fernerhin, wie das Vorgetragene lehren dürfte, über die thierischen Farbstoffe im Allgemeinen orientirt ist, und die Lücken, welche die Allgemeinbetrachtung lassen mußte, nur von kundiger Seite ausgefüllt werden können, erscheinen alle Arbeiten im gerügten ein oder andern Sinne nicht nur überflüssig, sondern als literarischer Ballast überhaupt verwerflich. Wer als Zoologe die Sache ernstlich fördern will, mag die albinotischen Formen anatomisch und histologisch eingehend studiren, wer als chemischer Physiologe sich an dem weiteren Ausbau einer vergleichenden Chromatologie erfolgreich zu betheiligen gedenkt, mag die einzelnen Farbstoffe rein darzustellen, zu analysiren und ihre chemische Constitution zu ergründen versuchen, und wer der Vivisection Herr ist, mag sehen, wie Nerv, Ernährung und Licht auf die Pigmentbildung wirken. Von alledem, was sich ohne Aufwand sonderlicher Mühe über die thierischen Pigmente in Erfahrung bringen läßt, ist, soviel wie Noth thut, jetzt bekannt.

Bedeutung  
der  
Farbstoff-  
analysen.

Wir haben uns stets zu vergegenwärtigen, daß die Farbstoffe nicht nur vom ästhetischen Gesichtspunkte aus den übrigen Bestandtheilen des Organismus an Interesse etwas voraus haben, sondern daß ihr Studium wegen der Sicherheit und Genauigkeit der zur Erkennung und Charakteristik der Pigmente dienenden Methoden auch der chemischen Physiologie vorläufig weit mehr neue Anschauungen und wichtige thatächliche Ergebnisse zuwenden kann, als die Untersuchung irgend einer andern Classe animalischer Stoffwechselproducte. Kein Studium verdient deshalb ein so intensives zu werden, wie das der Farbstoffe und der Farben.

Am räthselhaftesten bleibt jedenfalls noch die Thatfache, daß ein scharf charakterisirtes Stoffwechselproduct (wie z. B. Bonellein, Turacin oder die Carminsäure), wie es scheint, ein Selbsterwerb nur weniger Thierformen ist, daß dieses auf wenige Species oder wenige Thierfamilien im Vorkommen beschränkt ist. Diese Erscheinungen zu deuten, hatte *Moseley*<sup>110)</sup> unternommen; aber wenn er glaubt, dieselben durch den Hinweis, daß das Kupferfulfat blau ist, und diesem entsprechend constituirte Kupferfalze nicht blau gefärbt sind, verständlicher gemacht zu haben, so befindet er sich in einem großen Irrthum; denn sämmtliche Pigmente, welche diesen beschränkten Verbreitungsbezirk besitzen, sind so eigenartige Producte, daß man nicht erwarten kann, ihnen nahe Verwandtes ganz allgemein zu finden. Lehrt doch das von *Moseley* selbst herangezogene Beispiel mit Evidenz, daß wo sich überhaupt intensivere Färbungen zeigen, sei es in der lebenden oder in der todtten Natur (ich erinnere auch an die Chrom- und Kobaltverbindungen), fast alle Substanzen mit dem nämlichen Radicale oft wohl anders, aber immerhin doch exquisit gefärbt erscheinen.



## Anmerkungen und Literaturnachweise.

<sup>1)</sup> Ueber das Zoonerythrin (Tetronerythrin) vgl.: *Bogdanow*, Compt. rend. T. 45. 1857. p. 688—690 u. Journal f. Ornithologie von *Cabanis*. VI. Jahrg. 1858. S. 311—312; *Wurm*, Zeitschr. f. wiss. Zoolog. Bd. 31. 1871. S. 535—537; *Krukenberg*, Centralbl. f. d. medic. Wiss. 1879. Nr. 40, Vergl.-physiol. Studien. I. Reihe. II. Abth. S. 67—71, III. Abth. S. 114—115, IV. Abth. S. 30—35, V. Abth. S. 87—94, II. Reihe. I. Abth. S. 165—167 und III. Abth. S. 135.

<sup>2)</sup> Wichtigere Literatur über die Lipochrome:

Carotin: *Wackenroder*, *Geiger's Magazin*. Bd. 33. 1832. S. 144; *Zeile*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 62. S. 380; *Th. Hufemann*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 117. S. 200.

Lutein und pflanzliche Lipochrome: *Marquart*, Die Farben der Blüthen. Bonn. 1835; *Fremy* u. *Cloëz*, Journ. f. pract. Chem. Bd. 62. S. 269; *Filhol*, Compt. rend. T. 39. p. 194, T. 50. p. 545 u. 1182; *Piccolo* u. *Lieben*, Giornale di scienze naturali ed economiche. Palermo. 1866. II. Jahrg. Vol. II. S. 258; *Holm* u. *Städeler*, Journ. f. pract. Chem. Bd. 100. 1867. S. 142; *Städeler*, ibid. S. 149; *Thudichum*, Centralbl. f. d. medic. Wiss. 1869. S. 1; *Kühne*, Unterf. aus dem physiol. Institut d. Univ. Heidelberg. Bd. IV. 1882. S. 249—252; *A. Hanfen*, Sitzungsber. d. physik.-medic. Gesellsch. zu Würzburg. 1883.

Chromophane: *G. Schwalbe*, Handb. d. gef. Augenheilkunde von *Gräfe* u. *Semich.* Bd. I. 1874. S. 414; *St. Capranica*, Arch. f. Anat. und Physiol. Physiol. Abth. 1877. S. 283—296; *Kühne*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. 1878. S. 341—369, Bd. IV. 1882. S. 169—248.

Lipochrome der wirbellofen Thiere: *Göbel*, Schweigger's Journal. Bd. 39. 1823. S. 426—431; *v. Wittich*, Arch. f. path. Anat., Bd. 27. 1863. S. 573—575; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. 1882. S. 1—115.

Auf das Vorkommen luteinartiger Körper im Pflanzenreiche mit Bestimmtheit hingewiesen zu haben, ist das Verdienst *Thudichum's*, während der strikte Beweis für die weite Verbreitung der Lipochrome im Thierreiche erst durch meine Untersuchungen erbracht wurde; nur unklare Ideen sprach zuvor *Pouchet* (Journ. de l'anat. et de la physiol. T. XII. 1876.) aus und zu unbe-

gründeten Behauptungen vertieft sich *C. de Merejkowsky* (Compt. rend. T. 93. 1881. p. 1029 u. Bull. de la soc. zool. de France. 1883.), welcher deshalb auch die allerverschiedenartigsten Pigmentkörper zusammenwarf.

Die Blaufärbung der rothen Fettfarbstoffe durch conc. Schwefelsäure kannte bereits *r. Wittich* (1863), welcher sie an den erhaltenen rothen Krytallen aus *Euglena sanguirubra* auftreten sah. Die Veranlassung, diesen Versuch anzustellen, war eine Mittheilung von *Buchholtz*, «daß in den großen Ganglienzellen einiger wirbelloser Thiere ein eigenthümlich rothgelber, an Fett gebundener Farbstoff vorkomme, der durch Schwefelsäure blau gefärbt wird, nach Auswaschen derselben aber seine frühere Farbe annimmt». Noch weit älteren Datums ist jedoch die Beobachtung, daß sich *Marquart's* Blumengelb (Anthoxanthin) «mit Vitriolöl dunkel-indigblau färbt, welche Farbe in Purpurroth übergeht und durch Wasser verschwindet». *Piccolo* und *Lieben* fanden ein nähnliches Verhalten beim Lutein, und *Filhol*, *Städeler* wie *Thudichum* erkannten, daß conc. Salpetersäure ganz ähnlich wie conc. Schwefelsäure auf die Lipochrome einwirkt. Die Jodreaction wurde zuerst von *Schwalbe* an den farbigen Kugeln in den Zapfen der Vogel- und Eidechsenretina erhalten. «Die verschiedenen Farbstoffe dieser Gebilde», so bemerkt *Schwalbe* (l. c., S. 414), «zeigen eine höchst auffallende Reaction. Auf Jodzufsatz färben sich sowohl die rothen wie die gelben Kugeln schön blau, die rothen fast blauschwarz, die gelben erst grün, dann blaugrün und schließlich rein blau. Die farblosen Kugeln zeigen diese Reaction nicht; wo an ihnen eine mattgrüne oder bläuliche Färbung wahrzunehmen ist, kann man auf Spuren von Farbstoff schließen.» Daß die Lipochrome stickstofffrei sind, machten bislang nur die gründlichen Arbeiten über das Carotin zur Gewißheit. Für thierische Lipochrome wurde ein Fehlen des Stickstoffs schon 1823 von *Göbel* an den Farbstoffen der Vogelhaut wie bei Krebsen beobachtet, und die Untersuchungen von *Maly* wie von *Kühne* bekräftigten seine Angabe.

Erst durch *Kühne's* bahnbrechende Arbeiten über die Chromophane wurden Handhaben gewonnen, die Lipochrome von den übrigen Pigmenten, den Fetten u. s. w. zu trennen, die einzelnen Glieder dieser Farbstoffreihe von einander zu scheiden und durch ihr spectroskopisches Verhalten, durch ihre differente Lichtempfindlichkeit etc. scharf zu charakterisiren. Viele spätere Forscher (z. B. *Wülchli*, *Merejkowsky*, *Mac Munn*, *Tschirch*) haben sich diese wissenschaftlichen Errungenschaften allerdings nicht anzueignen verstanden und scheinen den Anforderungen, welche die Jetztzeit an Farbstoffuntersuchungen stellt, auch nicht gewachsen zu sein.

<sup>3)</sup> *Kühne*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. IV. S. 213.

<sup>4)</sup> *Kühne*, ibid. S. 213.

<sup>5)</sup> *A. Kundt*, Ann. d. Chem. u. Physik. 1874. Jubelband. S. 615—624.

<sup>6)</sup> *Kraus*, Zur Kenntniß der Chlorophyllfarbstoffe. Stuttgart. 1872. S. 53.

<sup>7)</sup> Vgl. *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. III. Abth. S. 114.

<sup>8)</sup> Ein rhodophanartiges Pigment scheint schon 1863 von *v. Wittich* aus *Euglena sanguirubra* und ein chlorophanartiges 1876 von *Pouchet* (Journ. de l'anat. et de la physiol. T. XII. p. 12.) aus Hummer im krySTALLisirten Zustande erhalten zu sein. KrySTALLisirtes Lutein wurde zuerst von *Piccolo* und *Lieben*, später von *Thudichum* u. A. dargestellt, das Eläochrin und Lecithochrin zum KrySTALLisiren zu bringen, gelang *Kühne*, und unzweifelhafte KrySTALLe von Chlorophyllgelb sah ich bei *Hansen*. Schon 1849 beobachtete *Zeise* die rubinrothen KrySTALLe des Carotins.

<sup>9)</sup> *Bunsen*, Ann. d. Physik u. Chemie. Bd. 128. 1866. S. 100—108.

<sup>10)</sup> *Kühne*, l. c., S. 204.

<sup>11)</sup> *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 71 Anm. 1.

<sup>12)</sup> Vgl. *Kühne*, l. c., S. 205 Anm. 1 u. S. 252.

Die so häufig, aber stets ohne Quellenangabe erwähnte Beobachtung *Chevreul's*, daß im Hühnereidotter ein rother Farbstoff den gelben begleite, findet sich im «Dictionnaire des sciences naturelles. T. 35. 1825. Article: Oeufs d'oiseaux. p. 444», und lautet folgendermaßen: «Le jaune d'oeuf. On y admet généralement, 1. De l'albumine; 2. Une matière grasse . . .; 3. Une partie colorante, qui me paroît formée de deux principes colorans, un de couleur jaune et un autre de couleur rouge: le premier semble avoir quelque analogie avec le principe colorant jaune de la bile».

<sup>13)</sup> *Krukenberg*, Centralbl. f. d. medic. Wissensch. 1883. S. 785—788.

<sup>14)</sup> Literatur über die Melanine:

*Schloßberger*, Chemie der Gewebe. Leipzig u. Heidelberg. 1856. S. 147. ff.; *Scherer*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 40. S. 63; *Heintz*, Arch. f. path. Anat. Bd. 3. S. 477; *Hofäus*, Arch. d. Pharm. Bd. 120. 1861. S. 27; *Dreßler*, Prager Vierteljahrschr. Bd. 101. 1869. S. 59; *Rofoe*, *Gräfe's Archiv*. f. Ophthalmol. Bd. IX. Abth. 3; *K. Mays*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 324; *R. Hodgkinson* u. *Sorby*, Journ. Chem. Soc. London. 1877. p. 427; *P. Girod*, Compt. rend. T. 93. p. 96 u. Arch. de zool. exp. et gén. T. X. 1882. p. 1—100.

Auf Grund feiner Beobachtungen an Froschlarven nimmt *Hoppe-Seyler* (Arch. f. path. Anat. Bd. 9.) an, daß anfänglich pigmentlose Zellen dadurch pigmenthaltig werden, daß sie sich durch einen Ausläufer mit den Capillargefäßen in Communication fetzen und auf diese Art und ohne Extravasat oder Infiltration Blut in sie gelange, dessen Körperchen in den Zellen dann zu Grunde gehen und das Pigment frei werden lassen; dieses metamorphosire sich allmählich zu Melanin.

<sup>15)</sup> Bei Fröschen, die 18 Tage lang in reinem Sauerstoffgase geathmet hatten, will *Molesehott* (cf. *Schloßberger*, l. c. S. 172.) ein Verschwinden des schwarzen Hauptpigmentes beobachtet haben. Daß Licht und Wärme eine

Bräunung der Haut, Kälte eine Entfärbung der Haare zur Folge hat, lehren zahlreiche Beobachtungen zur Genüge, die aber experimentell und planmäßig weiter zu verfolgen schwer sein wird.

<sup>16)</sup> Die Literatur über die Uranidine findet sich zusammengestellt in meinen Vgl.-physiol. Studien, II. Reihe, III. Abth. S. 41—56. Vgl. dazu: *Fredericq*, Bull. de l'acad. r. de Belgique. 3 sér. T. I. 1881. p. 487—490.

<sup>17)</sup> *B. Haller*, Arb. a. d. zoolog. Inst. d. Univ. Wien, Bd. IV. Heft 3. 1882. S. 341 ff.

<sup>18)</sup> Cf. meine Vgl.-physiol. Studien, I. Reihe, V. Abth. Taf. 3, II. Reihe, II. Abth. S. 65.

<sup>19)</sup> *A. Kundt*, Ann. d. Physik u. Chemie. Bd. 142, 143 (1871), 144, 145 u. 146 (1872).

<sup>20)</sup> *Kühne*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. IV. S. 195.

<sup>21)</sup> Vgl. *C. Bojanowski*, Zeitschr. f. wiss. Zoolog. Bd. 12. 1863. S. 312—335.

<sup>22)</sup> Cf. *Hoppe-Seyler*, Handbuch d. physiol. u. path.-chemischen Analyse. 5. Aufl. Berlin. 1883. S. 290 ff.

<sup>23)</sup> Nach *Moleley* (Quart. Journ. of mikr. Scienc. New Ser. Vol. XVII. 1877. p. 18.) scheint auch bei dem durchsichtigen Fisch *Plagusia* das Hämoglobin zu fehlen.

<sup>24)</sup> Vgl. meinen Grundriß der medic.-chemischen Analyse. Heidelberg. 1884. S. 58.

<sup>25)</sup> Eine Ansicht *Hoppe-Seyler's* (cf. *Salkowski-Leube*, Die Lehre vom Harn. Berlin. 1882. S. 249.). Seitdem ich mich selbst mit dem sog. Methämoglobin eingehender zu beschäftigen angefangen habe, komme ich jedoch, trotz der vielen über diesen Körper vorliegenden Arbeiten immer mehr zu der Einsicht, daß derselbe nur ein, durch Hämatin verunreinigtes Oxyhämoglobin ist. Auch die Abweichungen in den Angaben der einzelnen Unterfucher, nach welchen das Oxyhämoglobin durch Trypsin anfangs in Methämoglobin (*Kühne*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. S. 342, Anm. 1), oder in Hämochromogen (*Hoppe-Seyler*, Handb. d. physiol.- u. path.-chem. Analyse. 5. Aufl. 1883. S. 308) verwandelt wird, dürften dieser Auffassung nicht wenig günstig sein.

<sup>26)</sup> *Krukenberg*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 18 ff. u. Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. III. Abth. S. 181—191.

<sup>27)</sup> *Hoppe-Seyler*, Handb. d. physiol.- und path.-chem. Analyse. 3. Aufl. S. 180; *Etti*, Oesterr. Vierteljahrschr. f. wiss. Veterinärkunde. Bd. 36. Heft 1.

<sup>28)</sup> Cf. *Krukenberg*, Die Farbstoffe der Vogeleierfchalen. Würzburg. 1883.

<sup>29)</sup> *Krukenberg*, Centralbl. f. d. medic. Wissensch. 1883. S. 785.

<sup>30)</sup> Vgl. *Kunkel*, Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. V. S. 40—56.

<sup>31)</sup> *E. Hodek* u. *Krukenberg*, Mitth. des ornithol. Vereines in Wien. Jahrgang VII. 1883. Nr. 2; *E. F. v. Homeyer*, ibid. Nr. 3 u. 4; *E. Hodek*, ibid. Nr. 4.

Kürzlich unterwarf ich auch noch den Rest der in meinem Besitze be-

findlichen Federfahnen desselben Lämmergeiers, die aber weit schwächer als die zu den ersten beiden Analysen verwendeten gefärbt waren, einer quantitativen Eisenbestimmung. 1,293 gr. der zuvor bei 100° C. anhaltend getrockneten Federfahnen lieferten 0,0413 gr. Eisenoxyd (= 3,20 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), welches vor der Wägung von Kiefelsäure (durch abwechselndes Eindampfen und Aufnehmen mit Salzsäure), Thonerde (durch Auskochen mit Natronlauge) und allen, in Wasser löslichen Salzen (durch Auskochen mit Wasser) aufs Sorgfältigste befreit war.

<sup>32)</sup> Die Literatur über die Respirationsfermente findet sich zusammenge stellt in meinen Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. III. Abth. S. 66—123, V. Abth. S. 49—57, II. Reihe. I. Abth. S. 87—138, III. Abth. S. 1—61.

<sup>33)</sup> Ueber die Floridine siehe meine Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 22—40.

<sup>34)</sup> *Sorby*, Quart. Journ. of mikr. Science. N. S. XI. 1871. p. 352—361.

Schon von *Kuhlmann* (Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 9. S. 286) war angegeben, daß sich Cochenilledecoct durch reducirende Mittel (am raschesten durch Zink und Salzsäure, langfamer durch Schwefelammon oder Eisenoxydhydrat) entfärbe, an der Luft aber seine Farbe wieder annähme. Ein nähnliches Verhalten zu Schwefelwasserstoff zeigen auch *Schützenberger's* Carminsäuren (Compt. rend. T. 46. p. 47, N. Ann. de Chim. et de Physik. T. 54. p. 52), von denen die Cochenille zwei oder mehrere (deren einer die Formel  $\text{C}_{18}\text{H}_{16}\text{O}_{10}$  mit Wahrscheinlichkeit zukommt, während die anderen vielleicht nach den Formeln  $\text{C}_{18}\text{H}_{16}\text{O}_{12}$ ,  $\text{C}_{18}\text{H}_{16}\text{O}_{13}$  und  $\text{C}_{18}\text{H}_{16}\text{O}_{14}$  zusammengesetzt sind) nach diesem Forscher enthalten soll.

<sup>35)</sup> Ueber das Chlorocruorin vgl. meine Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 16 und die daselbst erwähnten Schriften.

<sup>36)</sup> Cf. meine Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. II. Abth. S. 63—69.

<sup>37)</sup> *Mac Munn*, Proc. of the Birmingham Philos. Soc. Vol. III. 1883. p. 351—407.

<sup>38)</sup> *A. Hansen*, Sitzungsab. d. physik.-medic. Gef. zu Würzburg. 1883. u. Arbeiten des botanischen Inst. in Würzburg. Bd. III. Heft 1. 1884.

<sup>39)</sup> Literatur über die vermeintlichen Chlorophyllnachweise bei wirbellosen Thieren:

*v. Siebold*, Zeitsch. f. wiss. Zool., Bd. I. S. 274; *F. Cohn*, *ibid.*, Bd. III. S. 264; *M. Schultze*, Compt. rend., T. 34. 1852. p. 683—685; *Ray-Lankeller*, Journ. of anat. and physiol. Vol. II. 1868. p. 114, Vol. IV. 1870. p. 126, Quart. Journ. of mikr. Science Vol. 14. p. 400, Vol. 19. p. 434, Vol. 22. p. 229, Nature Vol. 27. Nr. 682. p. 87; *Sorby*, Quart. Journ. of mikr. Science 1871. p. 352, *ibid.* Vol. 15. 1875. p. 47; *Cl. Bernard*, Leçons sur les phénom. de la vie. T. I. 1878. p. 209 ff.; *de Negri*, Ber. d. d. chem. Ges. IX. Jahrg. 1876. S. 84; *P. Geddes*, Compt. rend. T. 87. p. 1005, Proc. of the R. Soc. Vol. 28. p. 449,



Arch. d. zool. exp. et gén. T. 8. p. 51; *Engelmann*, Arch. f. d. gef. Physiol. Bd. 25. 1881. S. 285—292; *K. Brandt*, Mitth. a. d. zool. Station zu Neapel. Bd. IV. 1883. S. 191—302.

<sup>40)</sup> Vollständige Literatur über das Bonellein in meinen Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. II. Abth. S. 70.

<sup>41)</sup> *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. II. Abth. S. 73—76, III. Abth. S. 62—64.

<sup>42)</sup> *Pocklington*, Pharm. Journ. Transact. T. III. p. 681 u. 949.

<sup>43)</sup> *Mac Munn*, l. c., p. 387.

<sup>44)</sup> *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 104 ff.

<sup>45)</sup> *Kühne*, Unterf. aus dem physiol. Institut d. Univ. Heidelberg. Bd. I. S. 341—369 u. Bd. IV. S. 169—248.

<sup>46)</sup> *K. Brandt*, Mitth. a. d. zool. Station zu Neapel. Bd. IV. S. 191—302 u. Arch. f. Physiologie. 1883. S. 445—454.

Die von *Vosmer* und *Brandt* mit so großem Aufwande an Zeit und Mühe zusammengefuhten Literaturangaben, welche die Anwesenheit pflanzlicher Stärke bei Spongien beweisen sollen, befagen gleichfalls nichts; denn in den meisten, wenn nicht in allen Fällen haben die Unterfucher das Eintreten der *Schwalbe*-schen Lipochromreaction auf Amylum bezogen. Stärkehaltige wäßrige Auskochungen, an welchen diese Substanz allein sicher erkannt werden könnte, habe ich (Studien. I. Reihe. II. Abth. S. 55 ff.) vielleicht ausschließlich, jedenfalls zuerst aus Spongien zu erhalten versucht, jedoch mit negativem Erfolge.

<sup>47)</sup> Vgl. *Kühne*, l. c., Bd. IV. S. 192 u. 193.

<sup>48)</sup> *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 72—87.

<sup>49)</sup> Eine von *R. Sachtle* (cf. *A. und Th. Hufemann*, Die Pflanzenstoffe. 2. Aufl. Berlin. 1882. S. 248 u. 249) vertretene Ansicht.

<sup>50)</sup> Nach unpublicirt gebliebenen Unterfuchungen von *Hansen*.

Die von *Marquart* und *Hansen* aufgedeckten Beziehungen zwischen den rothen, violetten und blauen Pflanzenfarbstoffen lassen sich folgendermaßen übersichtlich gruppieren:

Es gehen über:	in Roth	in Violett	in Blau
Roth		1) Durch Eisen- oxyd- oder Eisen- oxydsalze. 2) Durch kleine Mengen von Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	Durch größere Mengen von Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
Violett	Durch HCl, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> wie organische Säuren		Durch größere Mengen von Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
Blau	Durch Säuren	Durch Spuren schwacher Säuren	

<sup>51)</sup> Bislang nicht publicirt.

<sup>52)</sup> Literatur über das Vorkommen der fraglichen Indigofarbstoffe bei wirbellosen Thieren:

*Bizio*, Journ. de chim. médic. T. 10. p. 99; *de Lacaze-Duthiers*, Ann. d. scienc. nat. IV. sér. T. 12. 1859. p. 5—84; *de Negri*, Ber. d. d. chem. Gef. IX. Jahrg. 1876. S. 84 u. X. Jahrg. S. 1099; *Schunck*, ibid. XII. Jahrg. 1879. S. 1358 u. XIII. Jahrg. S. 2087; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 62.

<sup>53)</sup> Literatur über das angebliche Vorkommen von Anilinfarbstoffen im Thierreiche:

Blaue und rothe Schizomycetenfarbstoffe: *Erdmann*, Journ. f. pract. Chem. Bd. 99. 1866. S. 385—407; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. V. Abth. S. 43—47; *F. Neellen*, Beitr. z. Biolog. der Pflanzen, herausg. von *Cohn*. Bd. 3. 1880. S. 187—248; *G. W. Schneider*, Bot. Zeitung. 1873. S. 406; *O. Helm*, Arch. d. Pharmac. 1875. S. 19—24; *Ray-Lanketter*, Quart. Journ. of mikr. Science. N. S. Vol. 13. p. 408.

Farbstoffe der Aplysien: *M. Ziegler*, Journ. f. pract. Chem. Bd. 103. 1868. S. 63; *Moseley*, Quart. Journ. of mikr. Science. N. S. Vol. 17. 1877. p. 12—14; *Mac Munn*, Proc. of the Birmingham Philos. Soc. Vol. III. 1883. p. 392—394.

<sup>54)</sup> Literatur über die objectiven und subjectiven Structurfarben:

*Röfel*, Insectenbelustigungen. Bd. 3. S. 254; *Gourneau*, Ann. de la soc. entomol. de France. 2 sér. T. I. p. 201 (Lepidopterenfenchuppen); *Brewster*, Philos. Transact. 1814 (Perlen); *Brücke*, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, Math.-naturw. Classe. Bd. 8. 1852. S. 196 (Octopus), ibid., Bd. 7. 1851. S. 802, Unterf. über d. Farbenwechsel des Chamäleons (Sonderabdr. a. d. IV. Bd. d. Denkschr. d. math.-naturw. Classe d. Akad. d. Wiss. zu Wien. 1852.) u. Sitzb. d. math.-naturw. Classe d. Akad. d. Wiss. zu Wien. Bd. 43. 1861. S. 177 (Federfarben); *v. Wittich*, Müller's Archiv. 1854. S. 41—59 (Amphibien); *B. Altum*, Journ. f. Ornithol. 1854. S. XIX—XXXV u. Naumannia. Bd. IV. 1854. S. 293—304; *A. Bogdanow*, Journ. f. Ornithol. Bd. VI. 1858. S. 311—312; *V. Fatio*, Mém. de la soc. de physique et d'hist. nat. de Genève. T. 18. 2<sup>e</sup> part. 1866; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. II. Abth. S. 12 u. S. 14—19; *H. Gadow*, Proc. of the zool. Soc. of London. 1882. p. 409—421; *J. Amory Jeffries*, Bull. of the nuttall ornithol. Club. Boston. Vol. 7. 1882. p. 129—135.

<sup>55)</sup> Wichtigere Literatur über Guaninablagerungen in der äußern Haut, in der Argentea, im Peritoneum etc.:

*Barreswil*, Compt. rend. T. 53. p. 246; *Voit*, Z. f. wiss. Zool. Bd. 15. S. 515; *Kühne* u. *Sewall*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. 3. 1880. S. 223—235; *A. Ewald* u. *Krukenberg*, ibid. Bd. 4. S. 253—265 u. Zeitfchr.

f. Biologie. Bd. 19. 1883. S. 154—158. Vergl. auch *E. Berger*, Morpholog. Jahrb. v. *Gegenbaur*. Bd. 8. 1882. S. 97—165.

<sup>56)</sup> *Leydig*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 12. S. 537; *Ewald* u. *Krukenberg*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. 4. S. 261.

<sup>57)</sup> *Ewald* u. *Krukenberg*, Zeitschr. f. Biologie. Bd. 19. S. 154. Anm. 1.

<sup>58)</sup> *Ewald* u. *Krukenberg*, ibid. S. 154. Anm. 1.

<sup>59)</sup> *G. Pouchet*, Journ. de l'anat. et de la phys. par *Robin*. T. 12. 1876. p. 4.

<sup>60)</sup> Literaturangaben über die Farbstoffe der Protozoen:

Schicomyceeten: vgl. Anm. 53.

Myxomyceeten: *J. Reinke* u. *H. Rodewald*, Studien über das Protoplasma. Berlin 1881. S. 43 u. 44; *Krukenberg*, Vergl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 51—53.

Flagellaten: *Salm-Horstmar*, Ann. d. Physik u. Chemie. Bd. 97. 1856. S. 331—333. v. *Wittich*, Arch. f. path. Anat. Bd. 27. 1863. S. 573—575; *P. Geddes*, Quart. Journ. of mikr. Science. January 1882 (*Chlamydomyxa labyrinthuloides* Arch.).

Rhizopoden: *Bütschli*, *Brown's* Classen u. Ordnungen des Thierreiches. Bd. I. 1880. S. 102.

Infusorien: *Ray-Lanketter*, Quart. Journ. of mikr. Science. Vol. 13. 1873. p. 139; *Engelmann*, Onderz. Physiol. Laborat. Utrecht. III R. VIII Dl. 1883. S. 147—169.

<sup>61)</sup> Literaturangaben über die Farbstoffe der Cölenteraten:

*Moseley*, Quart. Journ. of mikr. Science. N. S. Vol. 17. 1877. p. 1; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 1—115; *C. de Merejkowsky*, Compt. rend. T. 93. p. 1029 u. Bull. de la soc. zool. de France. 1883.

Anthozoön: *Trommsdorff*, dessen Journal. Bd. 22. S. 40; *Mac Munn*, Proc. of the Birmingham Phil. Soc. Vol. 3. 1883. p. 351; *Moseley*, Quart. Journ. of the mikr. Science. Vol. 13. 1873. p. 143; *K. Brandt*, Mitth. a. d. zool. Station zu Neapel. Bd. 4. S. 191 ff.

Hydromedusen: Cf. die Zusammenstellung der Literatur in meinen Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 62 ff. Ferner: *R. Blanchard*, Bull. de la soc. zool. de France. T. 7. p. 181. p. 402. u. Zool. Anzeiger von *V. Carus*. VI. Jahrg. 1883. S. 67; *Krukenberg*, ibid. S. 215.

<sup>62)</sup> Vgl. *Schloßberger*, Chemie d. Gewebe. 1856. S. 163.

<sup>63)</sup> *Witting*, Ann. d. Pharmacie. Bd. I. S. 113.

<sup>64)</sup> *Vogel*, Ann. de Chimie. T. 89. p. 113.

<sup>65)</sup> Nach eigenen, bisher unpublicirt gebliebenen Versuchen.

<sup>66)</sup> Literaturangaben über die Farbstoffe der Echinodermen:

*Moseley*, Quart. Journ. of the mikr. Science. N. S. Vol. 17. p. 1 ff.; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth.; *Mac Munn*, l. c.; *Merejkowsky*, l. c.

<sup>67)</sup> Nicht publicirte eigene Beobachtungen.

*Krukenberg*, Vergl.-physiol. Vorträge.

<sup>65)</sup> Literatur über die Farbstoffe der Ascidien: Cf. meine Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 48—51 u. S. 105—107.

<sup>66)</sup> Ueber Bryozoënfärbstoffe (bei *Bugula neritina* u. *Lepralia*) cf. meine Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 23—29.

<sup>70)</sup> Ueber Farbstoffe der Würmer vgl. die sub 66) angeführten Schriften.

<sup>71)</sup> *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 6—21.

<sup>72)</sup> Vgl. *Krukenberg*, *ibid.*, I. Reihe. V. Abth. S. 92. Anm. 1. Ueber Färbungen bei Insecten cf. auch *H. Hemmerling*, Ueber die Hautfarbe der Insecten. Inaug.-Diss. Bonn 1878 u. *H. A. Hagen*, *Proceed. of the American Acad.* Vol. 17. 1882. p. 234—267.

<sup>73)</sup> Ueber Aphiden- u. Coccidenfarbstoffe cf. *H. C. Sorby*, *Quart. Journ. of mikr. Science.* N. S. Vol. XI. 1871. p. 352—361 u. *Mac Munn*, l. c., p. 385—387. Unpublicirt geblieben sind meine Versuche, welche das Vorkommen der Carminsäure bei *Coccus polonicus* darthun.

Speciell über Carminsäure vgl. die Literaturangaben in *Gmelin-Kraut's* Handbuch der Chemie. Bd. VII. S. 1135 u. ferner: *Hlasiwetz* u. *Grabowski*, *Ann. d. Chem. u. Pharm.* Bd. 141. S. 333; *C. Liebermann* u. *v. Dorp*, *Ber. d. d. chem. Ges.*, Bd. 4. S. 655; *Belhomme*, *Compt. rend.* T. 43. p. 382.

<sup>74)</sup> *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 104 Anm. 1.

<sup>75)</sup> Die Farbstoffe der Insectenlymphe behandeln: *John*, *Tableau chimique du règne animal.* p. 307; *C. H. Lehmann*, *Lehrb. d. physiol. Chemie.* Leipzig 1853. Th. II. S. 222 ff.; *H. Landois*, *Zeitschr. f. wiss. Zool.* Bd. 14. 1864. S. 55—70; *V. Gruber*, *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. zu Wien.* Bd. 64. Abth. I. 1871. Juni-Heft. Cf. fernerhin die Literaturnachweise in Note 16.

<sup>76)</sup> Literaturangaben über die Farbstoffe der Crustaceen:

CyanokrySTALLIN: Cf. meine Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 71. *Merejkowsky*, *Bullet. de la soc. zool. de France.* 1883.

Lipochrome: *Goebel*, *Schweigger's Journ.* Bd. 39. 1823. S. 426—431; *Fremy* u. *Valenciennes*, *Ann. Chim. Phys.* T. 50, p. 165; *R. Maly*, *Sitzber. d. k. Akad. d. Wiss. zu Wien.* Bd. 83. Abth. II. 1881. Mai-Heft; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 99 ff.

*Maly* war nicht der Erste, der das rothe von dem gelben Crustaceenlipochrome trennte; schon *Pouchet* (*Journ. de l'anat. et de la physiol.* T. 12. 1876. p. 10 ff.) war dieses gelungen.

Leberfarbstoffe: *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. III. Abth. S. 181 ff.; *Mac Munn*, *Proceed. of the r. Soc.* 1883. No. 226.

<sup>77)</sup> *Mac Munn*, *Proc. of the Birmingham Philos. Soc.* Vol. III. 1883. p. 383; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. III. Abth. Taf. I.

<sup>78)</sup> Literaturangaben über die Farbstoffe der Mollusken:

Hämolymphatische Farbstoffe: cf. Heft I d. d. Vortr., Anm. 34 u. 37, sowie *Verh. d. naturhist.-med. Vereines zu Heidelberg.* N. F. Bd. 3. Heft 1.

Leber- u. Gallenpigmente: *J. Hazay*, *Pfeiffer's* Malakozoische Blätter, N. F. Bd. 4. 1881. S. 197. Vgl. auch die Angaben in Note 34 u. 76.

Pigmente der Hautsecrete u. der Schalen: *Schloßberger*, Die Chemie der Gewebe. S. 165; *K. B. Hofmann*, Lehrb. d. Zoochemie. Wien 1879. S. 369; cf. die Angaben sub Note 13, 37, 52 u. 53. Meine Untersuchungen über die Schalenfarbstoffe sind in extenso bislang nicht publicirt.

Stäbchenpurpur: *Krukenberg*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II, S. 58—61; *V. Henlen*, Zool. Anzeiger. I. Jahrg. 1878. S. 30.

<sup>79)</sup> Auf mehrere dieser prägnanten Färbungen machte mich Herr Dr. *G. Pfeffer* in Hamburg freundlichst aufmerksam.

<sup>80)</sup> Es hat lange gewährt, bis daß die Abstammung der Gallenpigmente vom Hämoglobin bei den Säugethieren über allen Zweifel erhoben wurde. Das von *Kühne*, *Frerichs*, *Neukomm* und *Stüdeker* beobachtete Auftreten von Gallenfarbstoff im Harn von Thieren, welchen Gallensäuren in das Blut injicirt wurden, hatte *Frerichs* Veranlassung gegeben, diese Erscheinung im Zusammenhange mit gewissen anderen Beobachtungen und klinischen Erfahrungen in anderer Weise zu deuten und anzunehmen, daß die Gallensäuren im Blute in Gallenfarbstoff umgewandelt würden. Da nun aber Icterus nicht allein nach Injection von Gallensäuren, sondern auch von Wasser, Ammoniak etc. eintritt, Gallensäuren auch im Harne Ictericus nachgewiesen wurden, und das Bilirubin alter Blutextravafate sicherlich aus Hämoglobin hervorgegangen ist, kann die Theorie von *Frerichs* keine Berücksichtigung mehr finden.

<sup>81)</sup> Vgl. *Schloßberger*, Chemie der Gewebe. 1856. S. 157 u. 158.

<sup>82)</sup> *A. B. Meyer*, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. zu Berlin. Bd. 24. 1882. S. 517—524.

<sup>83)</sup> *H. Gadow*, l. c.

<sup>84)</sup> Ueber die grünen Farbentöne bei Fischen cf. meine Vergl.-physiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 139—143.

<sup>85)</sup> *Fremy* und *Valenciennes*, Journ. de Pharm. et de Chim. Sér. III. T. 28. p. 401.

<sup>86)</sup> *Kühne*, Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. S. 341 ff. u. Bd. IV. S. 169 ff.; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. II. Abth. S. 43—58 u. III. Abth. S. 138 ff.

Ueber die Retinapigmente der Wirbelthiere (Sehpurpur, Chromophane etc.) liegt eine zusammenfassende Arbeit von *Kühne* (*Hermann's* Handb. der Physiologie. Bd. 4. Th. I. S. 235—342) vor, auf welche an dieser Stelle nur verwiesen werden kann.

<sup>87)</sup> Vgl. die 4 Abhandlungen über die Farbstoffe der Federn in meinen Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. V. Abth. S. 72—99, II. Reihe. I. Abth. S. 151—171, II. Abth. S. 1—42, III. Abth. S. 128—137; ferner: *A. B. Meyer*,

Mitth. d. Ornitholog. Vereines in Wien. V. Jahrg. 1881. No. 11. S. 83—85 u. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. zu Berlin. Bd. 24. 1882. S. 517—524.

<sup>88)</sup> *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. II. Abth. S. 19—24 und III. Abth. S. 128—135.

Die Spectren der Picofulvinlösungen zeigen wie die der übrigen chlorophanartigen Lipochrome zwei Abforptionsbänder, welche aber so weit in's Blau und Violett gerückt sind wie bei keinem anderen dieser Fettfarbstoffe.

<sup>89)</sup> Von Bucconiden (Capitoniden) untersuchte ich *Chotorea* (Megalae) *mystacophanes Gray* und von Rhamphastiden, welche ich z. Th. von Herrn Hofrath *A. B. Meyer* in Dresden, z. Th. von Herrn Professor *W. Blasius* in Braunschweig erhielt, *Pteroglossus aracari Ill*, *Pt. torquatus Wagl*, *Pt. maculirostris Licht*, *Pt. viridis Ill*, *Rhamphastus discolorus L.*, *Rhamphodryas vitellinus Ill*, und *Aulacorhynchus pavoninus Bonap.*

<sup>90)</sup> Ueber das Turacin cf. meine Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. V. Abth. S. 75—87, II. Reihe. I. Abth. S. 151—155; *Moseley*, Quart. Journ. of the mikr. Science. N. S. Vol. 17. 1877. p. 17, note 1.

Das Turacin, dem nach *Church* die Formel  $C_{50}H_{56}CuN_5O_{19}$  zukommt, welches zugleich aber auch ziemlich viel Eisen enthält, ist in reinem, allerdings leichter noch in alkalischem Wasser löslich; von den lipochromatischen Lösungsmitteln wird es dagegen nicht aufgenommen, und auch verdünnte Mineral-säuren wie einige Salze (z. B. Alaun, baf. Bleiacetat, Chlorcalcium) schlagen es aus den wässrigen Lösungen nieder. Sein spectroskopisches Verhalten erinnert sehr an das des Oxyhämoglobins, verändert sich aber weder durch Schwefelwasserstoff oder Schwefelammonium, noch durch Einwirkung von stärkerem Alkali und ist bei der festen Substanz nur wenig anders als bei der gelösten. Wie schon *Preyer* wußte, verändert sich die Lage der beiden Abforptionsbänder im Spectrum nach Sättigen der wässrigen Lösung mit Cyankalium; daselbe geschieht, wie ich fand, auch beim Eintragen von Rhodannatrium. Werden jedoch die Salze durch Dialyse entfernt oder das Turacin durch Essigsäure gefällt, so zeigt sich der Farbstoff als spectroskopisch unverändert. Das Turacin ist sehr licht- wie wärmebeständig, rauchende Salpetersäure zerstört den trockenen Farbstoff schon in der Kälte unter Schwarzfärbung, conc. Schwefelsäure verwandelt ihn in Turacein, welches die Säure purpurviolett färbt und ein Abforptionspectrum mit zwei Bändern (ein stärkeres, breiteres hinter D und ein schwächeres vor D) aufweist; die von mir früher als  $\alpha$ -Turacein bezeichnete Substanz ist, wie ich später fand, nur ein Gemisch jenes Stoffes (des sog.  $\beta$ -Turacein) mit unverändertem Turacin.

<sup>91)</sup> *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. S. 151—155.

Das Verhalten des Turacoverdins gegen Licht, Wärme und Lösungsmittel ist ziemlich das nämliche wie das des Turacins; doch scheint es von

diesem nicht nur durch feine grüne Farbe und fein spectrokopisches Verhalten (das Spectrum der wässrigen Lösung zeigt ein scharfes, dunkles Absorptionsband unmittelbar vor D) abzuweichen, sondern auch dadurch, daß es kupferfrei ist. Eisen enthält das Turacoverdin verhältnißmäßig viel. Kalte conc. Schwefelsäure bräunt den trockenen Farbstoff, Salpetersäure, conc. Natronlauge wie conc. Salzsäure greifen ihn gar nicht oder erst sehr langsam an. Schichtet man eine Turacoverdinlösung auf conc. Schwefelsäure, so färbt sich letztere violettroth, während Salpetersäure lange einflußlos auf Turacoverdinlösungen bleibt und schließlich die Flüssigkeit nur unansehnlicher macht.

<sup>92)</sup> *Krukenberg*, *ibid.* S. 155—160, II. Abth. S. 1 ff.

Das Zoorubin ist in alkalischen Flüssigkeiten leicht löslich, unlöslich in Alkohol, Chloroform, fetten wie ätherischen Oelen, Schwefelkohlenstoff u. s. w. Verdünnte Mineralsäuren fällen es aus der alkalischen Lösung, starke Salpetersäure bleicht das Trockenpräparat, Salzsäure färbt es dunkelviolett und conc. Schwefelsäure blaugrün; es enthält keine nachweisbare Mengen von Eisen, Kupfer oder Mangan und scheint auch schwefel- wie stickstofffrei zu sein. Zoorubinlösungen zeigen spectrokopisch nichts charakteristisches, dagegen zwei Reactionen, welche zur Erkennung dieses Farbstoffes verwertbar sind. Schichtet man nämlich eine Zoorubinlösung auf englische Schwefelsäure, so bleibt letztere farblos, während die Zoorubinlösung an der Berührungsfläche mit der Säure anfangs eine violettrothe, später eine dunkelgrüne Farbe annimmt; und eine zweite Probe mit Elligsäure schwach sauer gemacht, färbt sich auf Zusatz minimalster Spuren eines Kupferfalzes schön kirschroth.

<sup>93)</sup> Cf. *Krukenberg*, Die Farbstoffe der Vogeleierschalen. Würzburg. 1883. Fernerhin: *G. Dickie*, *Ann. and mag. of nat. hist. Ser. II. Vol. 12.* 1848. p. 169 bis 176; *Cornay*, *Mém. sur les causes de la coloration des oeufs des oiseaux etc.* 1860; *Gloger*, *Verhandl. d. Gef. naturf. Freunde zu Berlin. Bd. I.* 1829. S. 332.

<sup>94)</sup> *H. C. Sorby*, *Journ. of the Anthrop. Inst. Vol. 8.* 1878. p. 1—14; *Krukenberg*, *Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. V. Abth. S. 89* Anm. 1.

<sup>95)</sup> Cf. *Kühne*, *Unterf. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. I.* S. 224. u. *R. H. Chittenden*, *ibid.* Bd. III. S. 171—193.

<sup>96)</sup> *Döbner*, *Zoolog. Garten. Jahrg. VI.* 1865. S. 3—12.

<sup>97)</sup> Cf. *A. B. Meyer*, *Sitzungsb. d. k. Akad. d. Wiss. zu Berlin. Bd. 24.* 1882. S. 521.

<sup>98)</sup> Vgl. *Semper*, Die natürlichen Existenzbedingungen der Thiere. Bd. I. S. 81 ff.; *V. Graber*, Die Insecten. Bd. II. Abth. I. S. 37 ff.; *Leydig*, *Arch. f. mikr. Anat. Bd. 12.* 1876. S. 540 (cf. meine *Vgl.-physiol. Studien. I. Reihe. II. Abth. S. 73* ff.).

<sup>99)</sup> Vgl. meine in Note 87 namhaft gemachten Schriften über die Federfarbstoffe.

<sup>100)</sup> Eine intensive lipochromatische Färbung des Federstoffes findet sich,

soviel ich weiß, nur bei einigen Piciden (z. B. bei *Colaptes auratus* und *C. rubricatus*).

<sup>101)</sup> *D. F. Weinland*, Journ. f. Ornithologie. 1856. S. 125—129.

<sup>102)</sup> *L. Martin*, Zoolog. Garten. Jahrg. 20. 1879. S. 249—252, Illustr. Naturgesch. der Thiere. Heft 32. 1882.

<sup>103)</sup> Briefliche Mittheilung.

<sup>104)</sup> Briefliche Mittheilung.

<sup>105)</sup> *G. Brucklacher*, Zoolog. Garten. Jahrg. 8. 1867. S. 274 u. 275.

<sup>106)</sup> *A. Smester*, Revue d'Anthrop. 1879. p. 675.

<sup>107)</sup> Sehr bekannt sind die Erzählungen von einem plötzlich eingetretenen Ergrauen der Haare bei *Marie Antoinette* und dem früheren preußischen Kammerdeputirten *Waldeck*. Auch erzählt die Geschichte (*Raumer's* Gesch. d. Hohenstaufen), «daß *Ludwig von Bayern*, der in dem Wahne, sein Weib sei ihm untreu geworden, die vermeintlichen Mitwiffer dieses Verbrechens mit dem Schwerte niedergestoßen hatte, nachdem er von der Unschuld überzeugt wurde, vor Gram und innerem Seelenfchmerze in Einer Nacht graues Haar bekommen habe. Merkwürdig ist auch jene Erzählung von einem jungen Schweizer, der sich, um aus einem Geierhorste die Jungen auszunehmen, mit einem Säbel bewaffnet, mittelst eines Taus von einer überragenden Felswand, unter welcher der Horst sich befand, herunterlassen ließ. Unter ihm gähnte ein jäher Abgrund. Nachdem er die Jungen herausgenommen, und er eben wieder heraufgezogen werden soll, stürzen die alten Vögel, durch das Gefchrei der Jungen herbeigelockt, zum Kampfe auf ihn los. Mit dem Säbel um sich hauend, bemerkt er plötzlich einen Ruck am Seile, das ihn trägt. Er sieht hinauf und erblickt, daß er mit der Säbelfchneide in den Strick gehauen, der jetzt nur noch mittelst einer dünnen unverletzten Stelle zusammenhält. Namenlose Angst befällt ihn, jede Secunde kann der Strick völlig zerreißen; als er endlich glücklich wiederum nach oben hinaufgezogen, ist sein Haar ergraut. *S. G. Vogel* (*Hecker's* liter. Annalen. 1825) erzählt von sich selbst, daß ihm in seinem dreißigsten Lebensjahre durch den Schmerz über den Verlust seiner geliebten Schwester in Einer Nacht das Haupthaar gebleicht sei. Aehnliche Fälle berichten uns *Nicolaus Florentinus* (Sermon. VII. tract. 6 sum. 3. c. 24), *Schenk*, *Borelli*, *Turner*, *Cälius Rhodiginus*. Vgl. *L. Landois*, Arch. f. path. Anat. Bd. 35. 1866. S. 575—599.

<sup>108)</sup> Briefliche Mittheilung. Cf. auch *Reinhardt*, Videnskabl. Meddelel. Naturh. Ferening. 1870. S. 316.

<sup>109)</sup> Ueber *Eiectus polychlorus* vgl. die in meinen Vgl.-physiolog. Studien. II. Reihe. I. Abth. S. 161 sowie in Note 87 angeführten Schriften von *A. B. Meyer*.

<sup>110)</sup> *Moseley*, Quart. Journ. of the mikr. Science. N. S. Vol. 17. 1877. p. 19.









VERGLEICHEND-PHYSIOLOGISCHE VORTRÄGE

VON

DR. C. FR. W. KRUKENBERG.

III.

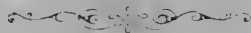
GRUNDZÜGE

EINER

VERGLEICHENDEN PHYSIOLOGIE

DER

FARBSTOFFE UND DER FARBEN.



HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1884.

## **Ankündigung.**

---

Diese Vorträge werden die Hauptgrundzüge einer vergleichenden Physiologie in den einzelnen für die gesammte Biologie wichtigeren Abschnitten gemeinverständlich behandeln. In den Anwendungen wird die Literatur möglichst vollständig angegeben werden, so daß der Biologe einerseits eine Anschauung von den Resultaten und Tendenzen der vergleichenden Physiologie erhält, und der Fachmann andererseits zugleich die Mittel, sich über den Stand der Kenntnisse in diesem Specialfach in kürzester Frist informiren zu können.

Erschienen sind:

Die Bedeutung der vergleichenden Methode für die Biologie. gr. 8<sup>o</sup>. brosch. 1 M. 20 Pf.

Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der Verdauung. gr. 8<sup>o</sup>. brosch. 1 M. 60 Pf.

Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der Farbstoffe und der Farben. gr. 8<sup>o</sup>. brosch. 3 M. 20 Pf.

Die weiteren Hefte werden enthalten: Die Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der Nerven und Muskeln, der Circulations- und Respirationsvorgänge, der Bewegungsercheinungen u. s. w.

Jedes Heft ist einzeln käuflich. Mit dem letzten wird ein Generaltitel und Inhaltsverzeichniß geliefert.

Heidelberg.

**Carl Winter's Universitätsbuchhandlung,**

In Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg sind neu erschienen:

**Untersuchungen aus dem physiologischen Institute der Universität Heidelberg.** Herausgegeben von Dr. W. Kühne, o. ö. Professor der Physiologie und Director des physiologischen Instituts. **II. Band, 4 Heft.** Mit 2 Holzschnitten und 5 lithogr. Tafeln. gr. 8°. brosch. 7 M. 40 Pf.

Inhalt: Zur Verdauung bei den Fischen von C. Fr. W. Krukenberg. Ueber die Verdauungsvorgänge bei den Cephalopoden, Gastropoden und Lamellibranchiaten von C. Fr. W. Krukenberg. Notizen zur Literatur über die vergleichende Physiologie der Nutritionsprozesse von C. Fr. W. Krukenberg. Ueber die Entfärbung von Hypoxanthin aus Eiweißstoffen von R. H. Chittenden Ph. B. (aus New-Haven. Conn. U.-S. A.) Zur Chemie der Descemet'schen Membran von H. F. A. Sasse, cand. med. aus Zaandam. Beiträge zur Histochemie des Schepithels von R. H. Chittenden. Zum chemischen Verhalten des Schpurpurs von W. C. Ayres. Beobachtungen über die Abfonderung des Pankreas von W. Kühne und A. Th. Lea, mitgetheilt von W. Kühne. Bemerkungen zu Herrn Hoppe-Seyler's Darstellung der Optochemie von W. Kühne.

— Dieselben, — **IV. Band, 3. Heft.** Mit 1 lithogr. Tafel. gr. 8°. brosch. 6. M.

Inhalt: Beiträge zur Optochemie von W. Kühne. Ueber die Verbreitung des Guanin, besonders über sein Vorkommen in der Haut von Amphibien, Reptilien und von Petromyzon fluviatilis von A. Ewald und C. Fr. W. Krukenberg. Ueber chemische Reizungen, nach Versuchen von Rud. med. Curt Jani, mitgetheilt von W. Kühne. Ueber sekundäre Wirkung vom Herzen auf Muskeln von Dr. R. J. Anderson aus Belfort. Beobachtungen zur Anatomie und Physiologie der Retina von W. Kühne.

**Grundzüge der organischen Chemie** von Dr. Aug. Laubenheimer, Professor. gr. 8°. brosch. 20 M., in Lwd. geb. 21 M. 20 Pf.

**Aus der Molekularwelt.** 2. Abdruck. gr. 8°. brosch. 2 M. 80 Pf.

Der erste Abdruck dieser an einen berühmten Chemiker von einem Fachgenossen als eine Festsache gerichteten Schrift war als Manuscript gedruckt und kam nicht in den Handel. Auf vielseitiges Verlangen wird dieselbe nun auch dem größeren Publikum zugänglich gemacht. Sie legt eine Anzahl wichtiger chemischer und physikalisch-chemischer Lehren und Tagesfragen in eigenthümlich fesselnder und humoristisch-kritischer Weise dar und wird bei Allen Anklang finden, welche für den jetzigen Zustand der theoretischen Chemie Interesse haben.

**Die Lehre von den chemischen Fermenten oder Enzymologie.** Auf Grund von vorhandenen und eigenen Versuchen bearbeitet von Dr. Adolf Mayer, Professor und Vorstand der holl. Reichsversuchsstation in Wageningen. gr. 8°. brosch 4 M.

**Ueber den Soorpilz.** Eine medicinisch botanische Studie. Von Dr. F. A. Kehler, o. ö. Professor der Geburtshilfe und Gynäkologie in Heidelberg. gr. 8°. brosch. 2 M.

**Zur Lösung der Frage: Welches ist der kürzeste Weg zu gründlicher Heilung der Syphilis?** Von Dr. G. Pingler, Med.-Rath, Kgl. Physik. a. D., Dirigenten der Wasserheilanstalt zu Königstein im Taunus. gr. 8°. brosch. 4 M.

**Ueber einen Fall von allgemeiner Anästhesie.** Von Dr. Georg Winter. gr. 8°. brosch. 80 Pf.

**Ueber die Beziehung des Herzfoes zur Mammillarlinie.** Von Dr. S. Eulau. gr. 8°. brosch. 1 M. 60 Pf.

**Ueber Purpura.** Von Dr. Eduard Krauß. gr. 8°. brosch. 1 M.

In Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg und  
vom gleichen Verfaſſer ferner neu erſchienen:

# Grundriß der medizinisch-chemiſchen Analyſe

unter Zugrundelegung d. im chemiſch-phyſiolog. Laboratorium d. königl. Univ.  
Würzburg gehaltenen mediſiniſch-chemiſchen Curſe.

M. 29 Holzſchnitten u. 1 lith. Tafel. Lex. 8<sup>o</sup>, in Lwd. geb. 5 <sup>10</sup>/<sub>16</sub>

Dieſer compendiöſe Grundriß der mediſiniſchen Chemie und der  
chemiſchen Phyſiologie von der Hand des dazu beſonders berufenen Verf. wird  
allen Medicinern ein willkommenes Hilfsmittel ſein.

## Vergleichend-phyſiologiſche Studien Experimentelle Unterſuchungen.

**Zweite Reihe. Zweite Abtheilung.** Mit drei Holzſchnitten und drei  
Tafeln. // 5. — Die Farbstoffe der Federn. Dritte Mittheilung. — Die Haut  
farbstoffe der Amphibien. Erste Mittheilung. — Die Farbstoffe in der Reptilien-  
haut. — Die Pigmente der Fiſchhaut. — Reſtituirung meiner Einwände gegen  
*Bilch's* vermeintliche Glykogennachweiſe bei wirbelloſen Thieren. — Ueber  
das Helioerubin und die Leberpigmente von *Helix pomatia*. — Ueber das  
Bönellium und ſeine Derivate. — Unterſuchungen der Fleiſchextracte von  
Schlangen und Crocodylen.

**Dritte Abtheilung.** Mit einem Holzſchnitt und neun lith. Tafeln. // 7. —  
Die Pigmente, ihre Eigenſchaften, ihre Geneſe und ihre Metamorphoſen bei  
den wirbelloſen Thieren. Erste Mittheilung. — Ueber die farbigen Zerſetzungs-  
produkte des Chlorochromins, des grünen Pigmentes in den Eiern von *Siphonostoma diplochautus* Otto. — Ueber die Floridine. — Ueber die melanotiſcher  
Verfärbungen der Uraniſine. — Ueber das Cyanem und das Aſteroeyanin. —  
Beiträge zur Kenntniß der Actinienfarbstoffe. — Ueber die Farbstoffe von *Comatula mediterranea* Lam. *Antedon rosaceus* Frém. — Zur Kenntniß der Ver-  
breitung der Lipochrome im Thierreiche. — Die Lipochrome der Spongien. —  
Bemerkungen zu einigen neueren Auffätzen vergleichend-phyſiologiſchen In-  
halts. — Die Farbstoffe der Federn. Vierte Mittheilung. — Die Pigmente der  
Fiſchhaut. Zweite Mittheilung. — Erklärung der Spectralzeichnungen.



